

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB BLIDA 01  
Institut d'Architecture et d'Urbanisme

Mémoire de Master en Architecture  
Thème de l'atelier : Architecture, Environnement et Technologie

**Thème de recherche :**

La conception d'un bâtiment à énergie quasi nulle par optimisation du comportement thermique de l'enveloppe

**PFE :** Revitalisation de la commune de l'Hussein Dey par un centre de commerce et de loisirs

Présenté par :

Zouane Ayoub Iheb

Rekik Abdeldjalil

Groupe : 05

Encadré(e)(s) par :

Dr. Boukarta Soufiane

Dr. Atik Tarik

Membres du jury :

Dr. Kouri

Dr. Aliouche

Année Universitaire : 2024/2025

**Dédicace :**

*Je dédie ce travail à mes chers parents, ma source de joie et de bonheur, ceux qui m'ont donné la vie, accompagné avec amour et soutenu sans relâche jusqu'à ce que je devienne la personne que je suis aujourd'hui.*

*À mes chers frères, Abderrahim et Housseem, mes piliers solides sur lesquels je m'appuie, mes gardes du cœur toujours présents dans les moments difficiles.*

*À mon binôme, Zouane Ayoub, qui a été un partenaire indispensable dans la réussite de ce travail. Son engagement constant, son implication irréprochable et sa présence dans les moments les plus éprouvants de ce projet ont été d'un soutien inestimable.*

*Je dédie également ce travail à l'âme de mon oncle Sofiane, qui nous a quittés ce mois-ci. Il laisse en moi un vide immense, un vide que rien ni personne ne pourra jamais combler.*

*Et enfin, je me le dédie à moi-même : au résilient, au persévérant, à celui qui a affronté durant sept mois tous les défis, les doutes, les obstacles... et qui a cru en lui, coûte que coûte. Je suis fier de moi, fier d'avoir tenu bon, d'être allé jusqu'au bout.*

*Rekik Abdeljalil*

### **Dédicace :**

Je dédie ce travail à mes chers parents, mes piliers, mes exemples, mes premiers supporteurs et ma plus grande force. Votre présence, votre soutien, votre aide, et surtout votre amour, ont été des éléments clés de ma réussite. Grâce à votre éducation, votre encouragement et votre amour inconditionnel, j'ai pu atteindre mes objectifs et réaliser ce travail de recherche. Je vous suis infiniment reconnaissante pour tout ce que vous avez fait pour moi. Aucun mot sur cette page ne saurait exprimer ce que je vous dois, ni combien je vous aime. Mon plus grand souhait est que ce travail puisse être une source de fierté pour vous, tout comme vous l'êtes pour moi. À travers cette dédicace, je veux également remercier du fond du cœur mon cher binôme « *Rekik Abdel El Djail* » pour tout ce qu'elle a apporté à ce travail de recherche. Il a été un binôme extraordinaire, un ami précieux et une source d'inspiration inépuisable. Notre collaboration restera l'un des moments forts de mon parcours académique. Que cette dédicace témoigne de ma reconnaissance éternelle et de mon admiration pour tout ce que tu es et tout ce que tu as accompli. « *Zouane Ayoub Iheb* » A mes chers parents je tiens à vous exprimer toute ma gratitude et ma reconnaissance pour l'amour que vous m'avait témoigné tout au long de ma vie et le soutien inébranlable que vous m'avez apporté tout au long de mon parcours de recherche. En vous dédiant ce travail, je souhaite vous témoigner toute mon affection et ma reconnaissance éternelle. C'est toutefois un petit geste par rapport à tout ce que vous avez fait pour moi, mais il est chargé de considération et de piété filiale. J'espère que vous serez fiers de moi.

*Zouane ayoub Iheb*

### **Remerciement :**

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre gratitude envers Dieu le Tout Puissant de nous avoir donné la force, la patience et la persévérance pour mener à bien notre travail de recherche. Nous souhaitons également remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Nous remercions vivement tout particulièrement messieurs Dr. BOUKARTA Sofiane et Dr. ATIK Tarek et DR. BOUDJMAA SARAH pour leur encadrement, leurs conseils avisés et leur disponibilité tout au long de ce travail. Nous n'oublions pas de remercier nos très chers parents pour leur soutien indéfectible et leur présence à nos côtés tout au long de cette aventure. Enfin, nous tenons à remercier l'ensemble des personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire et qui ont contribué à son succès.

## **L'approche pédagogique de l'atelier « Architecture et Environnement »**

L'atelier « architecture et environnement » s'est donné comme objectif de sensibiliser les étudiants à une approche contextuelle et intégrée, alliant d'une manière harmonieuse l'échelle urbaine et architecturale tout en respectant les principes de la durabilité. Cette démarche vise à répondre aux défis majeurs du XXI<sup>e</sup> siècle, notamment le changement climatique qui constitue la problématique écologique la plus urgente à laquelle l'humanité est confrontée. Aussi, et sous l'effet d'une mondialisation écrasante, l'identité architecturale s'est affaiblie. C'est bien dans ce cadre et contexte que l'atelier s'insère pour essayer de trouver des éléments de réponse à un équilibre entre exigences urbaines, architecturales, identitaires et environnementales.

Pour atteindre cet objectif, une analyse urbaine croisée a été mise en place, combinant à la fois l'analyse typomorphologique, sensorielle et SWOT. L'analyse typomorphologique s'intéresse à la lecture de la forme urbaine à travers deux temporalités, diachronique via laquelle, une lecture territoriale ainsi que la formation et transformation de la ville sont étudiées, et une analyse synchronique nous permettant d'identifier par la logique du tissu les types ainsi que les dysfonctionnements existants dans le secteur d'intervention. À travers cette approche, les étudiants seront appelés à trouver les réponses climatiques que chaque partie du tissu porte en elle. Puis l'analyse sensorielle vient enrichir la lecture spatiale par la perception et l'expérience des usagers dans l'espace urbain, ceci permettrait d'identifier l'image urbaine ou l'imagibilité de la ville en question. Enfin, l'analyse stratégique SWOT est considérée comme une approche de synthèse permettant aux étudiants de revenir sur l'analyse urbaine et d'en identifier les forces, faiblesses, risques et opportunités de leur aire d'étude et de proposer des solutions visant une stratégie urbaine que les étudiants auraient également identifiée. Cette approche nous a paru essentielle pour comprendre la dynamique urbaine, identifier les dysfonctionnements existants et proposer des solutions permettant d'améliorer la quotidienneté des habitants.

En réponse aux problématiques identifiées, les étudiants auront à proposer une programmation urbaine cohérente et adaptée et qui s'inscrit dans la stratégie urbaine préalablement définie. Cette approche vise à résoudre les dysfonctionnements et à renforcer les atouts du territoire en favorisant un développement urbain durable. Et c'est dans ce cadre contextuel précis que les étudiants auront à choisir et développer leurs projets de fin d'étude en lien direct avec les enjeux spécifiques à leur aire d'étude.

En s'appuyant sur les spécificités contextuelles de leurs projets ainsi que sur une revue de la littérature scientifique et technique, les étudiants pourront identifier le secteur de consommation

le plus significatif de leurs projets. Cette étape leur permettra de cibler les stratégies passives pour améliorer la performance environnementale de leurs projets, en focalisant leur attention sur un seul aspect environnemental, tel que le confort hygrothermique, visuel et le confort thermique intérieur et extérieur en évaluant l'impact de l'aménagement extérieur. Par ailleurs, les étudiants auront à intégrer des stratégies passives telles que l'orientation, l'isolation, la composition, la végétation, la ventilation naturelle, etc. pour améliorer le confort et l'efficacité énergétique de leurs projets.

En parallèle, une recherche et analyse thématique ont été menées pour concevoir un espace cohérent sur le plan fonctionnel et environnemental. L'analyse thématique a porté sur des aspects variés, environnementaux, formels, fonctionnels et structurels, ainsi que d'autres paramètres tels que la biodiversité, les matériaux, ainsi que l'intégration paysagère.

Enfin, les étudiants se sont consacrés à la conception architecturale proprement dite, en cherchant à concilier les exigences architecturales et la performance environnementale. Pour cela, plusieurs outils, méthodes et logiciels spécialisés ont été mis à la disposition des étudiants pour les aider à affiner leurs propositions et à évaluer l'impact environnemental de leurs projets. Cette approche pédagogique vise, nous le souhaitons, à former des architectes capables de concevoir des projets architecturaux respectueux de leur environnement, « parfois » innovants et adaptés aux défis climatiques actuels.

Chargé d'atelier : Dr.Boukarta Soufiane

## **Abréviations**

BEQN: Bâtiment à énergie quasi nulle

UE: Union européenne

NZEB: Nearly zero energy building

RES: renewable energy systems

BEPOS: Bâtiment à Énergie POSitive.

IEQ: indoor environmental quality

POS: Plàn d'Occupàtion des So

PDAU: Plan Directeurs d'Aménagement et d'Urbanisme

PNC: Plan National Climatique

CVC: Chauffage, Ventilation et Climatisation

WMO: World Meteorological Organization

FAO: Food and Agriculture Organization

GIEC: Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

GES: Gaz à Effet de Serre

## Résumé:

L'architecture bioclimatique répond à une aspiration universelle : vivre dans des espaces confortables tout en préservant l'équilibre de notre environnement urbain et naturel. Elle s'inscrit pleinement dans une démarche respectueuse des ressources et fidèle aux principes du développement durable.

Dans ce cadre, ce mémoire de master se propose d'explorer l'intégration des dimensions de la durabilité dans un contexte climatique semi-humide, à travers la conception d'un centre de loisirs et de commerce situé dans la ville de Hussein Dey.

Pour asseoir cette réflexion, une analyse interurbaine approfondie a été menée, croisant étude typologique et morphologique, analyse sensorielle et enquêtes auprès des habitants. Cette approche plurielle a permis de mieux comprendre l'évolution de l'architecture locale face aux mutations urbaines, tout en tenant compte de l'expérience vécue et des besoins actuels de la population. Il ressort de cette étude que Hussein Dey, grâce à sa position stratégique et à sa grande accessibilité, a un réel potentiel pour accueillir un projet fort, capable de dynamiser son image et ses fonctions urbaines.

Le projet proposé vise ainsi à allier fonctionnalité, attractivité et adaptation climatique. Il s'inspire des caractéristiques de l'architecture locale révélées par l'analyse urbaine, tout en intégrant les dernières avancées technologiques.

Une optimisation multi-objectifs, basée sur la simulation thermique dynamique via le logiciel DesignBuilder, sera mise en œuvre sur les espaces extérieurs afin d'améliorer le microclimat du site. L'efficacité de cette approche sera mesurée à travers deux indicateurs clés : la réduction de la demande énergétique et l'amélioration du confort thermique dans les espaces intérieurs du projet.

**Mots-clés :** confort | environnement | durabilité | architecture locale | adaptation climatique | simulation thermique | microclimat | performance énergétique

Abstract:

L'architecture bioclimatique découle d'un besoin universel : vivre dans des espaces confortables tout en préservant notre environnement urbain et naturel. Elle s'inscrit dans une démarche durable, respectueuse des ressources et ancrée dans les principes du développement durable.

Dans cette perspective, ce mémoire de master propose d'explorer l'intégration des dimensions de la durabilité dans un climat semi-humide, en s'appuyant sur un projet concret : la conception d'un centre de loisirs et de commerce dans la ville de Hussein Dey.

Pour nourrir cette réflexion, une analyse interurbaine a été menée, combinant étude typologique et morphologique, approche sensorielle et enquête auprès des habitants. Ce croisement d'analyses nous a permis de mieux comprendre comment l'architecture locale s'est formée, transformée, et comment elle pourrait aujourd'hui répondre aux besoins réels des usagers. Il en ressort que Hussein Dey, de par sa position stratégique et son accessibilité, gagnerait à accueillir un projet emblématique, capable de valoriser son potentiel urbain.

Le centre proposé ambitionne ainsi de conjuguer fonctionnalité, attractivité et adaptation climatique. Il s'appuie sur les enseignements tirés de l'analyse urbaine, les caractéristiques de l'architecture locale, mais aussi les innovations technologiques les plus récentes.

Une démarche d'optimisation multi-objectifs, fondée sur la simulation thermique dynamique via le logiciel DesignBuilder, sera appliquée aux espaces extérieurs afin d'en améliorer le microclimat. L'efficacité de ce processus sera évaluée selon deux critères essentiels : la réduction de la consommation énergétique et l'amélioration du confort thermique dans les espaces intérieurs.

**Mots-clés :** confort | environnement | durabilité | architecture locale | adaptation climatique | simulation thermique | microclimat | performance énergétique

## ملخص

تتبع الهندسة المعمارية البيوكليمانية من حاجة إنسانية أساسية: العيش في فضاءات مريحة مع الحفاظ على توازن البيئة الحضرية والطبيعية. فهي تعتمد مقارنة مستدامة تحترم الموارد الطبيعية وتتوافق مع مبادئ التنمية المستدامة.

وفي هذا السياق، يهدف هذا البحث لنيل شهادة الماستر إلى دراسة كيفية دمج أبعاد الاستدامة في مناخ شبه رطب، من خلال مشروع واقعي يتمثل في تصميم مركز ترفيهي وتجاري بمدينة حسين داي.

ولإثراء هذا الطرح، تم إجراء تحليل حضري شامل يجمع بين الدراسة النمطية والمورفولوجية، والتحليل الحسي، واستبيانات ميدانية موجهة إلى السكان. وقد مكنتنا هذه المقاربة المتعددة من فهم تطور وتحول العمارة المحلية حسب تغيّرات المدينة، مع الأخذ بعين الاعتبار البعد الزمني للتجربة المعمارية واحتياجات السكان المعاصرين. وتبيّن من خلال هذا التحليل أن مدينة حسين داي، بفضل موقعها الاستراتيجي وسهولة الوصول إليها من مختلف الاتجاهات، تُعدّ مؤهلة لاحتضان مشروع معماري بارز يُعزّز من صورتها الحضرية ويُفعل إمكاناتها.

يرمي المشروع المقترح إلى الجمع بين الوظيفة والجاذبية والتكيف المناخي، مستندًا إلى الخصائص المستخلصة من التحليل الحضري والمعمار المحلي، ومدعومًا بأحدث الابتكارات التقنية.

وسيتم اعتماد مقارنة متعددة الأهداف من خلال محاكاة حرارية ديناميكية باستعمال برنامج **DesignBuilder** لتحسين المناخ الميكروي في الفضاءات الخارجية. كما سيتم تقييم نجاعة هذه المقاربة وفق معيارين أساسيين: تقليص الطلب على الطاقة وتحقيق مستوى عالٍ من الراحة الحرارية في الفضاءات الداخلية.

**الكلمات المفتاحية:** الراحة | البيئة | الاستدامة | العمارة المحلية | التكيف المناخي | المحاكاة الحرارية | المناخ الميكروي | الأداء الطاقي

# Table des matières :

|   |    |
|---|----|
| <b>CHAPITRE I : CHAPITRE INTRODUCTIF</b> .....  | 1  |
| <b>1.1. Introduction générale</b> : .....   | 1  |
| <b>1.2. Problématique Générale</b> : .....  | 2  |
| <b>1.3. Hypothèses</b> : .....  | 3  |
| <b>1.4. Objectifs</b> : .....   | 3  |
| <b>1.5. Méthodologie</b> : .....  | 4  |
| <b>Chapitre II : Etat de L'art</b> .....  | 6  |
| <b>2.1 introduction</b> : .....   | 7  |
| <b>Partie environnemental</b> : .....   | 7  |
| <b>2.2. Architecture Bioclimatique</b> : .....  | 7  |
| <b>2.3. L'efficacité énergétique</b> : .....  | 7  |
| 2.3.1. <i>Définition et Objectifs</i> : .....   | 7  |
| <b>2.4. Le changement climatique</b> : .....  | 7  |
| 2.4.1. <i>Contexte générale</i> : .....   | 7  |
| 2.4.2. <i>Contexte énergétique et démographique mondial</i> : .....                       | 8  |
| 2.4.3. <i>Impact du changement climatique sur les bâtiments</i> : .....                   | 8  |
| 2.4.4. <i>Bâtiments verts et NZEB</i> : .....   | 8  |
| 2.4.5. <i>Focus en MENA</i> : .....   | 9  |
| 2.4.6. <i>Les scénarios RCP</i> : .....   | 9  |
| <b>2.5. Bâtiment a énergie quasi nulle</b> : .....  | 10 |
| 2.5.1. <i>Introduction</i> : .....  | 10 |
| 2.5.2. <i>L'évolution de la définition des BEQN</i> : .....                               | 10 |
| 2.5.3. <i>Seuils de performance</i> : .....   | 11 |
| 2.5.4. <i>Seuil minimal d'efficacité énergétique</i> : .....                              | 11 |
| 2.5.5. <i>Équilibre entre le chauffage et le refroidissement</i> : .....                  | 12 |
| 2.5.6. <i>Limites de qualité de l'environnement intérieur (confort thermique)</i> : ..... | 14 |
| 2.5.7. <i>Seuil de production d'énergie renouvelable</i> : .....                          | 15 |
| 2.5.8. <i>Recommandations pour les seuils de performance BEQN</i> : .....                 | 16 |
| 2.5.9. <i>Statut des NZEB dans le monde</i> .....   | 17 |
| 2.5.10. <i>Comment concevoir un nZEB ?</i> .....  | 18 |
| <b>2.6. L'enveloppe du bâtiment</b> : .....   | 19 |
| 2.6.1. <i>Qu'est-ce que l'enveloppe d'un bâtiment ?</i> .....                             | 19 |
| 2.6.2. <i>L'historique de l'enveloppe architecturale environnementale</i> : .....         | 20 |
| 2.6.3. <i>Le rôle de l'enveloppe</i> : .....  | 21 |
| 2.6.4. <i>Les types de l'enveloppe architecturale</i> : .....                             | 21 |
| 2.6.5. <i>Propriété et performance thermique des matériaux</i> : .....                    | 24 |

|   |    |
|---|----|
| <i>I. Conductivité thermique (<math>\lambda</math>)</i> : .....                     | 24 |
| <i>II. Résistance thermique (R)</i> : .....   | 24 |
| <i>III. Coefficient de transmission surfacique (U)</i> : .....                      | 25 |
| <i>IV. Capacité thermique (<math>\rho C</math>)</i> : .....                         | 25 |
| <i>V. Diffusivité thermique (a)</i> : .....   | 25 |
| <b>2.6.6. Les différentes composantes d'une Enveloppe</b> : .....                   | 26 |
| <i>I. Elément verticale</i> : .....   | 26 |
| <i>II. Elément horizontal</i> : .....   | 40 |
| <i>III. Orientation du bâtiment</i> : .....   | 42 |
| <i>IV. Protection solaire et redirection de la lumière du soleil</i> : .....        | 43 |
| <b>Partie urbaine et architectural</b> : .....                                      | 44 |
| <b>2.7. Introduction</b> : .....  | 44 |
| <b>2.8. Changement de vocation dans le tissu urbain</b> : .....                     | 44 |
| <b>2.9. La définition de revitalisation:</b> .....                                  | 45 |
| <i>2.9.1. Revitalisation urbaine</i> : .....  | 45 |
| <i>2.9.2. Les facteurs de revitalisation urbaine</i> : .....                        | 45 |
| <i>2.9.3. Les facteurs de l'environnement</i> : .....                               | 45 |
| <i>2.9.4. Les facteurs culturels</i> : .....  | 45 |
| <i>2.9.5. La Relation entre la revitalisation et l'architecture</i> : .....         | 46 |
| <i>2.9.6. La Relation entre la revitalisation et les centres de loisir</i> : .....  | 46 |
| <b>2.10. Définition des termes d'attractivité</b> : .....                           | 46 |
| <i>2.10.1. la relation entre l'architecture et l'attraction</i> : .....             | 46 |
| <i>2.10.2 comment avoir l'attractivité urbaine</i> : .....                          | 46 |
| <b>2.11. Le concept d'identité</b> : .....  | 47 |
| <i>2.11.1 la relation entre Identité et Architecture</i> : .....                    | 47 |
| <i>2.11.2. Les principales caractéristiques de l'identité architecturale:</i> ..... | 47 |
| <b>Partie 3 : Recherche thématique</b> : .....                                      | 49 |
| <b>2.12. Qu'est-ce qu'un centre de loisir?</b> .....                                | 49 |
| <i>2.12.1. les objectives des centres de loisirs:</i> .....                         | 49 |
| <i>2.12.2. Type de loisir</i> : .....   | 49 |
| <b>2.13. Méthodologie d'analyse des exemples</b> : .....                            | 50 |
| <b>2.14. Les projets analysés</b> .....   | 51 |
| <b>2.15. Synthèse d'analyse des exemples</b> : .....                                | 56 |
| <b>Chapitre III : Le cas d'étude</b> .....  | 57 |
| <b>3.1. Introduction</b> : .....  | 58 |
| <b>3.2. Situation géographique:</b> .....   | 59 |
| <b>3.3. Limites Administratives:</b> .....  | 59 |
| <b>3.4. Cadre Physique:</b> .....   | 59 |

|  |    |
|--|----|
| <b>3.5. Hydrographie</b> .....   | 59 |
| <b>3.6. Limite Naturelle:</b> .....                                    | 60 |
| <b>3.7. Topographie :</b> .....  | 60 |
| <b>3.8. Approche typo morphologique – Sensoriel</b> .....              | 60 |
| 3.8.1. <i>Présentation de l'approche</i> .....                         | 60 |
| 3.8.2. <i>La genèse de la commune de l'Hussein dey :</i> .....         | 60 |
| I. <i>Le processus d'humanisation du territoire Algérois:</i> .....    | 61 |
| II. <i>L'histoire de la ville d'Alger:</i> .....                       | 62 |
| <b>Les Phéniciens:</b> .....   | 62 |
| <b>Les Ottomanes</b> .....   | 63 |
| <b>La période coloniale :</b> .....                                    | 64 |
| <b>4/ après l'indépendance:</b> .....                                  | 66 |
| 3.8.2 <i>Analyse synchronique :</i> .....                              | 68 |
| I. <i>Situation géographique de la commune :</i> .....                 | 68 |
| II. <i>L'accessibilité :</i> .....                                     | 68 |
| III. <i>Topographie de la commune :</i> .....                          | 68 |
| IV. <i>Le système viaire :</i> .....                                   | 69 |
| V. <i>Analyse des nœuds :</i> .....                                    | 69 |
| VI. <i>Offre de mobilité :</i> .....                                   | 69 |
| VII. <i>Analyse des flux et de stationnement :</i> .....               | 70 |
| VIII. <i>Perception de l'insécurité :</i> .....                        | 70 |
| IX. <i>Walkability :</i> .....   | 70 |
| X. <i>La géométrie des voies :</i> .....                               | 71 |
| XI. <i>La typologie :</i> .....  | 71 |
| XI. <i>La relation entre le viaire et le parcellaire :</i> .....       | 71 |
| XII. <i>La relation entre le viaire et le bâti :</i> .....             | 72 |
| XIII. <i>Le système bâti : pt de repère :</i> .....                    | 72 |
| XIV. <i>Le système bâti : Densité :</i> .....                          | 72 |
| XV. <i>Le système bâti : état des bâtis :</i> .....                    | 73 |
| XVI. <i>Le système bâti : accessibilité solaire :</i> .....            | 74 |
| <b>3.9. Analyse Séquentielle :</b> .....                               | 75 |
| 3.9.1. <i>Description des séquences :</i> .....                        | 75 |
| 3.9.2. <i>Synthèse d'analyse séquentielle:</i> .....                   | 78 |
| <b>3.10. Analyse SWOT :</b> .....                                      | 78 |
| <b>3.11. Croisement de la méthode SWOT :</b> .....                     | 79 |
| <b>3.12. Stratégie globale:</b> .....                                  | 79 |
| <b>3.13. Analyse climatique de la commune de l'Hussein dey :</b> ..... | 81 |
| <b>3.14. LE PROJET :</b> .....   | 82 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.14.1. <i>L'idée de projet</i> : .....  | 82  |
| 3.14.2. <i>La naissance de l'idée de projet</i> : .....                                    | 83  |
| I. <i>L'exclusivité</i> : .....  | 83  |
| II. <i>Dynamisme</i> : .....   | 83  |
| 3.14.3. <i>Schéma de principe et genèse de projet</i> : .....                              | 83  |
| 3.14.4. <i>Genèse de la forme</i> : .....  | 84  |
| 3.14.5. <i>Façades</i> : .....   | 87  |
| 3.14.6. <i>La trame structurelle</i> : .....   | 88  |
| 3.14.7. <i>Système structurelle des blocs</i> : .....                                      | 88  |
| <b>3.15. Optimisation énergétique par amélioration de qualité d'enveloppe</b> : .....      | 89  |
| 3.15.1. <i>Recherche des indicateurs les plus influents à travers les simulation</i> ..... | 89  |
| 3.15.2. <i>Protocole de simulation</i> : .....   | 90  |
| 3.15.3. <i>Classification des indicateurs</i> : .....                                      | 93  |
| <b>Chapitre IV : Conclusion</b> .....  | 94  |
| <b>4.1. Conclusion générale</b> : .....  | 95  |
| Les annexes : .....  | 96  |
| RCP 2.6 : .....  | 96  |
| RCP 4.5 : .....  | 97  |
| RCP 6.0 : .....  | 97  |
| RCP 8.5 : .....  | 97  |
| 2.5.12. <i>Conclusion</i> : .....  | 105 |

# **CHAPITRE I : CHAPITRE INTRODUCTIF**

### 1.1. Introduction générale :

Le changement climatique représente aujourd'hui une problématique majeure et décisive qui affecte non seulement les écosystèmes naturels mais aussi la santé humaine, infrastructures et l'économies.

Ce phénomène est caractérisé par l'augmentation de température mondiale, qui a atteint en 2022 1,6 degrés C° par rapport à l'ère préindustrielle (ecologie.gouv.fr), aussi le fondement des glaciers qui contribuent à la montée du niveau de la mer d'environ 1,3 mm par an (science.gsfc.nasa.gov) et qui pourrait remonter de 20 cm en 20e siècle jusqu'à 77 cm en 2100 (TPCE 2019).

Tous ces préjudices sont influencés principalement par les causes anthropiques qui se manifestent dans les émissions de gaz à effet de serre qui vient de la combustion d'énergie fossile (charbon pétrole et gaz naturel) dans l'industrie et les transports. Aussi par la déforestation qui réduisent la capacité des forêts à absorber le CO2.

Les changements climatiques se font sentir dans toute la planète, en commençant par son impact sur la santé humaine, les vagues de chaleur, la pollution de l'air et les maladies vectorielles 1 ont augmenté avec un rythme aussi rapide (LoncetCowntdown On Health and climate change 2021). Les événements climatiques extrêmes tels que les sécheresses, les inondations et les tempêtes sont devenus plus fréquentes et plus intenses (WMO 2022) ce qui a affecté à son tour l'agriculture, D'ailleurs, Le rendement de maïs et de plaie pourrait chuter de 10 % et 27 % d'ici 2025(FAO 2021) avec la réduction des ressources en eau douce dans les zones arides et semi-aride (UN water 2021) on pourra avoir plus de 200 million de personnes déplacé d'ici 2050 (la Banque mondiale 2021).

Dans le but de limiter le changement climatique et réduire les émissions des gaz à effet de serre, plusieurs accords et protocoles internationaux en été fait depuis 1987 par le protocole de Montréal qui a ciblé la couche d'ozone par la rédaction de consommation des substances comme les chlorofluorocarbones carbone (CFC) jusqu'à protocole de Kyoto 1997 qui vise à réduire les émissions de GES de 5,2 % par rapport au niveau de 1990 entre 2008 et 2012. L'accord le plus important c'était celui de paris en 2015 qui maintien l'augmentation de la température mondiale en dessous de 2 degré Celsius, il souligne le rôle des énergies renouvelables et de la transition énergétique. Algérie comme de nombreux pays est confronté à des défis liés au changement climatique pour cela, elle avait participé dans les engagements internationaux notamment le

protocole de Kyoto en 1997 et de Paris en 2015. Elle a prévu aussi beaucoup d'initiation nationale à travers des stratégies de développement durable comme le PNC (plan national climat) qui propose 155 actions pour réduire les émissions de GES. Sans oublier la grande initiative « Algérie verte » que lutte contre la désertification ; à travers la forestation qui a été entamée par des individus et puis a été accueillie par des autorités. C'est une initiative phare qui à réussir de reboiser environ 2 millions d'hectares (44 % de l'objectif final de 4,5 million d'hectares d'ici 2030). Mais malheureusement tous les efforts ne sont pas suffisants parce que l'économie algérien repose sur les énergies fossiles, un des principaux sources d'émissions GES et ces infrastructures structure existante qui sont de faibles résilience au changement climatique. Le présent mémoire s'insère dans cette problématique générale visant à identifier la stratégie globale à mettre en œuvre pour améliorer la fonctionnalité des villes et sa résilience contre le changement climatique.

### **1.2. Problématique Générale :**

La construction est l'un des secteurs les plus impactant lorsqu'il s'agit de réchauffement climatique. Elle est responsable de près de 40% de la consommation énergétique mondiale et génère environ 30% des émissions de gaz à effet de serre (GIEC). Ces chiffres sont plus qu'une simple statistique : ils soulignent l'urgence de repenser nos pratiques dans ce domaine. En adoptant des solutions plus durables et en intégrant des innovations au peut de réduire notre empreinte écologique et de contribuer positivement à la lutte contre le changement climatique.

À cette crise globale s'ajoute un défi plus local, celui d'Hussein Dey, une commune historique de la région d'Alger. Ancien bastion industriel et résidentiel, elle cherche aujourd'hui à se réinventer en tant que centre culturel et touristique. Cette transformation, portée par son Plan d'Occupation des Sols (POS), ambitionne de redonner à la ville une nouvelle vitalité. Mais il est crucial que cette évolution prenne en compte les enjeux environnementaux. Il s'agit non seulement de moderniser l'urbanisme de la ville, mais aussi de l'adapter aux défis climatiques actuels, tout en respectant son riche patrimoine.

Le secteur de la construction, bien qu'il soit un contributeur majeur au réchauffement climatique, peut aussi devenir une pièce maîtresse dans la transition vers un modèle plus respectueux de l'environnement. Grâce à des pratiques de construction écologiques, une gestion plus rationnelle de l'énergie et une approche circulaire, il est possible de limiter l'impact carbone des bâtiments tout en contribuant activement à la lutte contre le changement climatique.

Hussein Dey offre justement une occasion unique de repenser la ville dans une optique durable. En plus de son patrimoine architectural et historique, cette commune est en pleine mutation,

évoluant d'un passé industriel vers une ambition culturelle et touristique. Cela ouvre la voie à des projets innovants qui associent la modernité et tradition, tout en étant respectueux de l'environnement. **De ce fait, le questionnement se porte sur la manière de concevoir un centre commercial et de loisirs durable dans la commune d'Hussein Dey, qui réponde aux défis du changement climatique, optimise l'efficacité énergétique, tout en créant une ville résiliente, durable, et favorisant le tourisme, tout en préservant son patrimoine culturel ?**

À travers ce mémoire, nous essayerons de présenter des solutions concrètes pour répondre à ces problématiques.

### 1.3. Hypothèses :

Afin de bien mener cette étude, il est indispensable de formuler des hypothèses autour des quels s'articulera notre étude.

- Grâce à des études approfondies du site et à l'analyse des données climatiques, il est possible d'optimiser l'enveloppe du projet en combinant des stratégies passives et actives. Cela inclut la détermination de l'orientation optimale du bâtiment, l'étude de la forme urbaine idéale, et la conception d'ouvertures adaptées et optimisées, accompagnées de brise-soleil soigneusement étudiés. L'exploration des matériaux de l'enveloppe et du vitrage, ainsi que l'intégration de systèmes CVC, permettra d'assurer un confort thermique optimal.
- Adaptation architecturale afin de respecter le riche patrimoine de la commune, tout en répondant aux orientations du POS et aux projections futures du PDAU. Cette démarche inclut la recommandation de concevoir un projet architectural bioclimatique, reflétant l'histoire du lieu où il s'implante, pour en faire un monument culturel et touristique à vocation moderne.

### 1.4. Objectifs :

Nos objectifs sont multiples, nous pouvons les récapituler en ceci :

- Identification des styles architecturaux et des symboles pouvant refléter le style architectural local.
- Comprendre le contexte microclimatique de site et intégrer les systèmes passifs pour assurer la ventilation naturelle.
- le choix et l'incorporation des matériaux avec des caractéristiques thermique et économique adéquate de réduire la consommation énergétique
- trouver l'emplacement et l'orientation favorable des parois de projet et les vides pour avoir un effet désirable

### 1.5. Méthodologie :

Pour répondre aux objectifs fixés et vérifier la validité de nos hypothèses, nous avons Organisé notre travail de recherche sur trois étapes à savoir :

**1. La recherche bibliographique** concernant : les différentes définitions et les principes architectural, bioclimatique, énergétique, thématique, l'analyse d'exemples.

**2. Un travail consistant des différentes analyses territoriales, de la ville et surtout notre site d'intervention** afin de ressortir les potentialités bioclimatiques et urbaines qui vont nous orienter dans le travail de la conception architecturale de notre projet.

**3. Un travail de modélisation** de notre projet suivit d'opération de simulation portant sur les performances thermiques et énergétique

Enfin, avec la troisième partie, nous avons appliqué les prérequis de la conception architectural d'un centre de loisir culturel avec une vérification du comportement thermique de l'environnement conçu et son impact sur la demande énergétique pour la climatisation à travers une série de simulation thermique. Le schéma ci-dessous résume la méthode du travail.

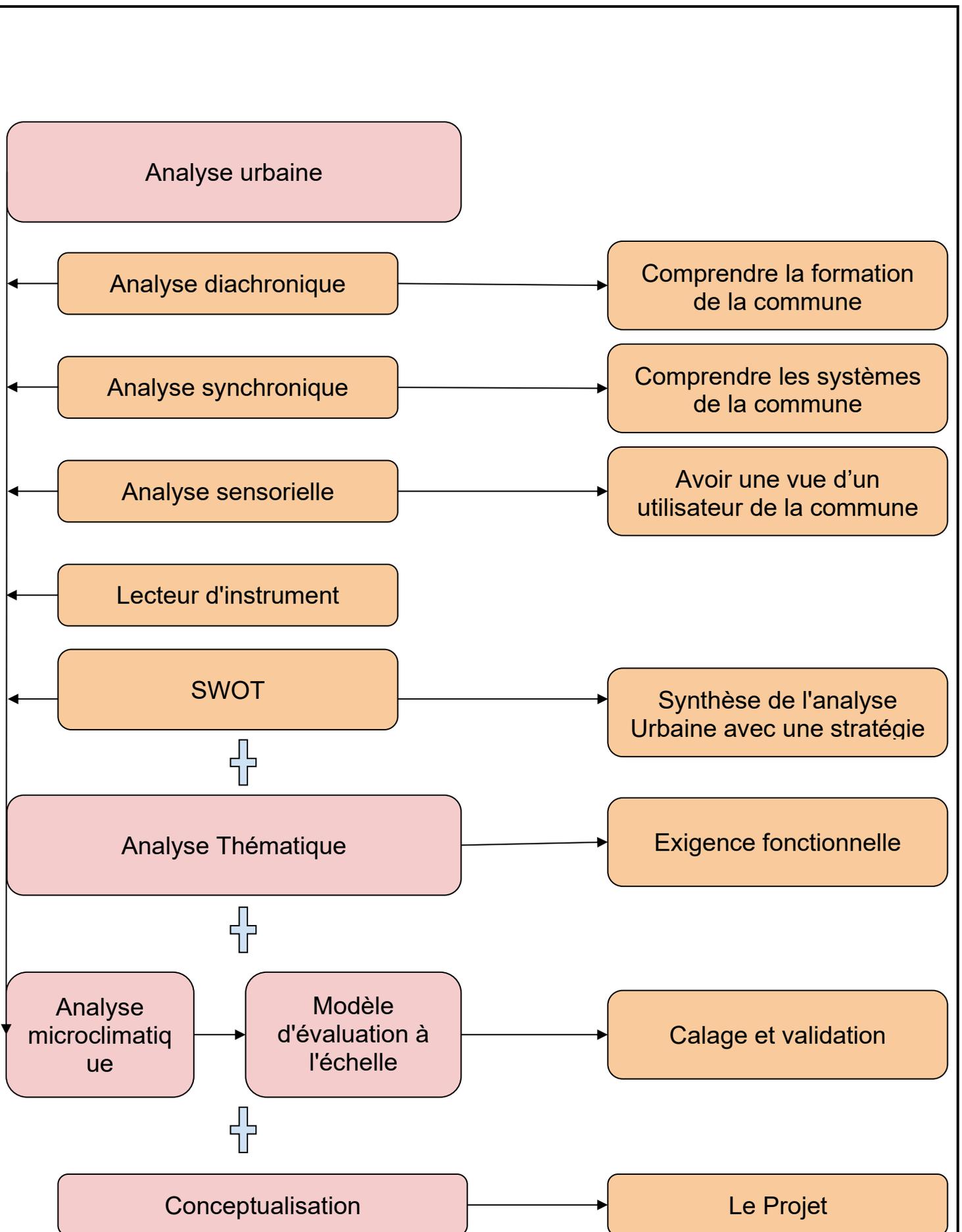


FIGURE 1 ORGANIGRAMME DE LA METHODOLOGIE DE TRAVAIL (SOURCE : AUTEUR)

# **Chapitre II : Etat de L'art**

## 2.1 introduction :

### Partie environnemental:

## 2.2. Architecture Bioclimatique :

L'architecture bioclimatique est une approche de conception architecturale qui utilise les ressources naturelles, telles que l'ensoleillement, la ventilation, l'humidité et la température ambiante, pour **optimiser l'efficacité énergétique** d'un bâtiment tout en assurant le confort des occupants. Elle intègre des stratégies passives (exploitation du climat pour le chauffage, la ventilation et l'éclairage naturel) et actives (intégration de systèmes énergétiques renouvelables) pour réduire l'empreinte écologique et la consommation d'énergie. (Adalberth, K., & Björk : 2004).

## 2.3. L'efficacité énergétique :

L'efficacité énergétique est une notion cruciale dans le contexte de la transition énergétique et de la lutte contre le changement climatique. Elle se définit comme la capacité d'un système à fournir le même niveau de service tout en consommant moins d'énergie.

### 2.3.1. Définition et Objectifs :

En physique, l'efficacité énergétique se définit comme le rapport entre la quantité d'énergie utile délivrée par un système et la quantité d'énergie consommée pour son fonctionnement (**AccionaEnergía : 2023**). Plus largement, elle regroupe tous les moyens techniques et logistiques mis en œuvre pour optimiser la performance énergétique d'un système. (**Workero :2023**). Sur la base des concepts de l'architecture bioclimatique et de l'efficacité énergétique, une solution s'impose naturellement dans ce contexte : les Bâtiments à Énergie Quasi Nulle (BEQN). Bien qu'il existe d'autres alternatives, telles que les Bâtiments à Énergie Positive (PEB) ou les Smart Buildings, notre choix s'est porté sur les NZEB car ils sont les plus adaptés à notre projet et à notre environnement. Ils constituent une solution fiable et innovante, minimisant leur impact environnemental tout en étant résistants aux conditions climatiques extrêmes. (**shady attia : 2018**) page 7.

## 2.4. Le changement climatique :

### 2.4.1. Contexte générale :

Le monde actuel est plus imprévisible que jamais dans l'histoire. Nos craintes concernant l'avenir influencent notre présent. Il est essentiel que les humains se préparent aux difficultés futures pour assurer un monde sécurisé. L'action est nécessaire pour améliorer le présent et préparer un futur durable. Le changement climatique est une réalité, et des actions décisives sont nécessaires pour éviter des conséquences catastrophiques. **R. Hood,2007**)

#### 2.4.2. Contexte énergétique et démographique mondial :

Le monde fait face à une crise énergétique importante, accentuée par le conflit entre la Russie et l'Ukraine. Ce conflit accélère les changements qui pourraient transformer le système énergétique mondial en un modèle plus durable (R. Hood, 2007). Depuis 1950, la population mondiale a augmenté de manière significative, en partie grâce à des améliorations dans les soins de santé et l'agriculture. En 2022, la population mondiale a dépassé les 8 milliards, et selon Fonds des Nations Unies pour la population la population pourrait atteindre 11 milliards d'ici 2100. Cette croissance démographique entraîne une augmentation significative de la superficie des bâtiments dans le monde, prévue pour quadrupler d'ici 2060, avec des ajouts massifs de nouvelles surfaces à l'échelle mondiale (**architecture-2030-challenge : 2002**). Les bâtiments jouent un rôle crucial dans l'utilisation de l'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. (H. Yassaghi, S. Hoque 2009).

#### 2.4.3. Impact du changement climatique sur les bâtiments :

Le changement climatique affecte directement les besoins énergétiques des bâtiments, notamment en augmentant la demande de refroidissement et de chauffage. Cela pourrait entraîner une hausse des coûts énergétiques et une instabilité économique. La conception des bâtiments et leur gestion énergétique sont donc essentielles pour lutter contre le changement climatique et garantir la sécurité énergétique tout en favorisant la croissance économique (ONZ : 2020).

#### 2.4.4. Bâtiments verts et NZEB :

Les bâtiments verts, également appelés bâtiments énergétiquement efficaces ou durables, sont de plus en plus nécessaires pour faire face aux défis climatiques et énergétiques actuels. Ces bâtiments minimisent les effets négatifs sur le climat et l'environnement naturel. Le concept de Bâtiment à Énergie Pratiquement Nulle (NZEB) est l'une des principales solutions pour réduire la consommation d'énergie tout en garantissant un confort thermique amélioré et un impact environnemental réduit (Y.W. Al-Saeed, A. Ahmed : 2018). Cependant, la transition vers des NZEBs comporte des défis importants, notamment l'équilibre entre l'efficacité énergétique et l'intégration des énergies renouvelables, ainsi que la gestion des fluctuations énergétiques locales et temporelles. Pour réussir cette transition, il est nécessaire de résoudre ces problèmes par une planification stratégique. Boermans, T., Hermelink : 2011).

#### 2.4.5. Focus en MENA :

La région MENA est particulièrement vulnérable au changement climatique, avec des menaces graves pour les écosystèmes et les activités humaines. Elle est caractérisée par une grave pénurie d'eau et des conditions arides, dépendant fortement de l'agriculture sensible au climat. En outre, elle abrite une population importante et une activité économique concentrée dans des zones urbaines côtières sujettes aux inondations. Les risques chroniques, comme les sécheresses, les vagues de chaleur et les événements climatiques extrêmes, aggravent ces problèmes et mettent en péril la résilience de la région (K. Ezzeldin, D. Adshead, P. Smith : 2023.)

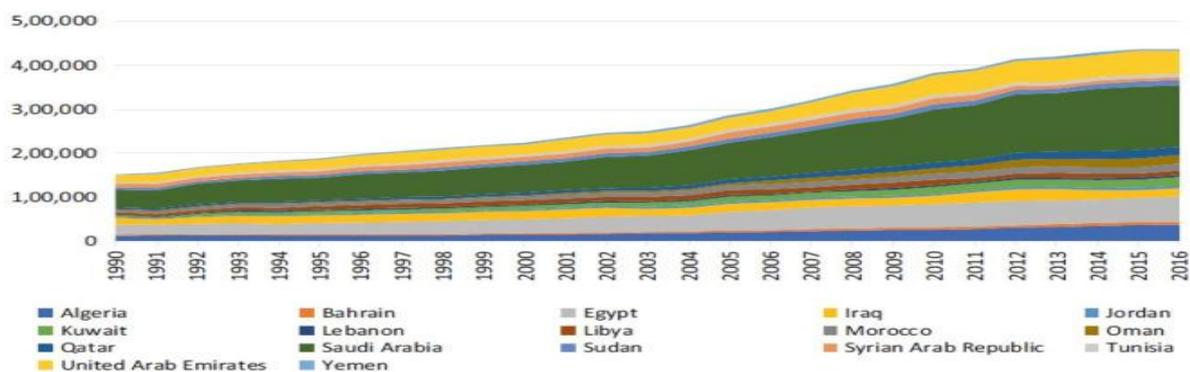


FIGURE 2 UN GRAPHE QUI DEMONTE LA CONSOMMATION TOTALE D'ENERGIE FINALE DANS LA ZONE ARABE PAR PAYS (KTEP) DE 1990 A 2016 (SOURCE : [HTTPS://LINK.SPRINGER.COM/](https://link.springer.com/))

L'Égypte, au sein de cette région, présente une variété de climats allant des zones côtières méditerranéennes aux déserts hyperarides. Cette variabilité climatique engendre des défis complexes, car chaque région est sensible au changement climatique de manière différente, nécessitant des stratégies d'adaptation et d'atténuation spécifiques. De plus, l'Égypte dépend fortement du Nil pour ses ressources en eau et de l'agriculture pour son économie, rendant le pays particulièrement vulnérable aux variations climatiques (M.M. NourEl-din : 2013).

#### 2.4.6. Les scénarios RCP :

Développés par le GIEC, modélisent l'évolution du climat selon différents niveaux d'émissions de gaz à effet de serre. Le RCP 2.6 vise une hausse limitée à 2°C, nécessitant une transition rapide vers les énergies renouvelables et des réductions drastiques d'émissions. Le RCP 4.5

prévoit une stabilisation modérée des émissions, avec un réchauffement de 2,4 à 3°C d'ici 2100, tandis que le RCP 6.0 anticipe une hausse de 3 à 4°C avec des politiques moins strictes. Le scénario RCP 8.5, le plus pessimiste, table sur une augmentation supérieure à 4°C, sans effort de réduction, entraînant des impacts graves sur les écosystèmes et la société. Pour évaluer l'impact de ces scénarios sur les bâtiments, il est crucial d'utiliser des données climatiques fiables, issues de modèles globaux (GCM) adaptés à l'échelle locale par réduction dynamique ou statistique. La réduction dynamique offre une grande précision mais demande plus de ressources, tandis que la réduction statistique est plus accessible et rapide. Dans les simulations énergétiques, intégrer ces projections permet d'anticiper les besoins en isolation, chauffage et refroidissement, afin de garantir confort et efficacité énergétique. Négliger ces données pourrait conduire à des bâtiments inadaptés aux futurs climats, augmentant les coûts et réduisant la qualité de vie. Ainsi, l'analyse climatique prospective est indispensable pour concevoir des bâtiments durables et résilients (pour plus de détails, voir annexes)

## 2.5. Bâtiment à énergie quasi nulle :

### 2.5.1. Introduction:

Selon la définition officielle de la Commission européenne, un bâtiment à énergie quasi nulle (NZEB) est défini comme un bâtiment à très haute performance énergétique. La quantité d'énergie presque nulle ou très faible requise devrait être couverte dans une très large mesure par l'énergie provenant de sources renouvelables, y compris l'énergie provenant de sources renouvelables produites sur place ou à proximité. (Guillard : 2022). Ces bâtiments sont conçus pour **minimiser leur consommation d'énergie grâce à des techniques d'isolation thermique performantes, des systèmes de ventilation efficaces, des matériaux à faible conductivité thermique et des équipements énergétiques à faible consommation (Manni Group : 2023)**. En outre, les bâtiments à énergie quasi nulle incorporent souvent des systèmes de production d'énergie renouvelable, tels que des panneaux solaires photovoltaïques, des pompes à chaleur géothermiques ou des éoliennes, pour produire une partie ou la totalité de leur énergie. (Marie-Pia Curial : 2023).

### 2.5.2. L'évolution de la définition des BEQN :

Selon ShaddyAttia (2018), La définition des Bâtiments à Énergie Quasi Nulle (BEQN) a évolué depuis 2010. Cette année-là (2018), l'Agence Internationale de l'Énergie (IEA) et l'Union européenne (UE) ont établi des définitions dans le cadre de la vision Horizon 2020. Cependant, de nouvelles propositions ont émergé pour élargir cette définition. Les notions d'autonomie énergétique, de neutralité carbone et d'économie circulaire sont désormais au cœur

des réflexions pour fixer de nouveaux objectifs de performance pour les BEQN à l'horizon 2050.

### 2.5.3. *Seuils de performance :*

Cette section souligne l'importance de définir des **indicateurs et des seuils de performance** pour guider la conception des **NZEB**. Les seuils de performance présentés sont issus d'**analyses approfondies** de plusieurs études de cas, prenant en compte les **facteurs sociaux, politiques, économiques et techniques** influençant le développement des NZEB à l'échelle mondiale (Attia,2018). Ces analyses permettent d'identifier les **défis et contraintes** liés à leur mise en œuvre concernant la **conception, la construction et l'exploitation** des NZEB.

Avant de commencer la conception d'un NZEB, il est essentiel de répondre à plusieurs **questions clés**, qui sont les suivants :

1. Quel est le seuil minimal d'émissions de carbone pour le BEQN ?
2. Quel est le seuil minimal d'efficacité énergétique pour les BEQN ?
3. Quel est le bilan des besoins en énergie de chauffage/refroidissement pour le BEQN ?
4. Quelles sont les limites de qualité de l'environnement intérieur pour la BEQN ?
5. Quel est le seuil minimal d'énergies renouvelables pour l'installation BEQN ?
6. Quelle est la densité d'occupation pour les BEQN ?
7. Quel est le seuil de coût par mètre carré de surface bâtie carrée pour les BEQN ?

Dans notre mémoire, nous traiterons uniquement les points et les questions **essentiels et pertinents pour notre projet**. L'objectif est de **cibler notre analyse** sur les aspects les plus adaptés à notre contexte, afin de rester **clair, concis et efficace**, sans inclure d'informations superflues.

### 2.5.4 *Seuil minimal d'efficacité énergétique :*

L'évaluation de la performance énergétique des nouveaux bâtiments et des rénovations repose sur le calcul des besoins en **chauffage, climatisation, eau chaude sanitaire, éclairage et ventilation**. L'UE a établi une méthodologie claire pour calculer les niveaux minimaux de performance énergétique de manière cohérente et optimisée en termes de coûts, notamment à travers la norme EN15603, qui définit des formules de calcul de l'énergie primaire et permet une certaine flexibilité pour les États membres (**Annunziata et al., 2013**). Cependant, en

l'absence de politiques harmonisées pour les bâtiments ultra-performants, différentes définitions ont émergé ces dernières années au sein des réseaux professionnels et politiques.

Cette divergence s'explique par les variations climatiques, sociales, technologiques et économiques entre les pays, rendant les comparaisons souvent difficiles. Par exemple, plusieurs pays européens adoptent la norme Passivhaus (PH), qui impose une consommation de chauffage et de refroidissement inférieure à **15 kWh/m<sup>2</sup>/an**. Toutefois, cette norme est parfois perçue comme une approche trop technologique et difficilement applicable à l'ensemble du continent (**Kotireddy et al., 2015**). Le défi ne concerne pas seulement les nouvelles constructions, mais aussi la rénovation des bâtiments existants. Une définition plus précise des indicateurs, comme celles proposées par **Hermelink et al. (2013)** et **ecee(2015)**, permettrait d'établir un cadre plus solide pour les professionnels du bâtiment, tout en laissant la flexibilité nécessaire aux spécificités locales. Cela faciliterait la transition vers des NZEB performants et standardisés, en garantissant une meilleure comparabilité et mise en œuvre des exigences de performance énergétique à l'échelle mondiale.

#### 2.5.5. *Équilibre entre le chauffage et le refroidissement :*

Dans les bâtiments à haute performance énergétique, il est crucial de bien équilibrer les **besoins en chauffage et en refroidissement** afin de limiter les équipements mécaniques superflus et leurs coûts d'installation et d'exploitation. Dans les **climats dominés par le chauffage**, l'objectif est souvent d'éliminer le recours à la climatisation active en privilégiant des **stratégies de refroidissement passif**. Cela permet de réduire les coûts, de simplifier la maintenance et de garantir un confort thermique optimal avec un seul système mécanique.

Dans ces régions, atteindre un bon confort en été est relativement simple, ce qui permet aux concepteurs de se concentrer sur la **réduction des besoins en chauffage** et d'optimiser la taille et l'efficacité du système thermique principal. En revanche, dans les **climats mixtes ou dominés par le refroidissement**, la forte chaleur estivale et l'exposition solaire entraînent un équilibre entre les besoins en chauffage et en refroidissement. Cela implique souvent l'installation de **systèmes doubles (actifs, passifs ou hybrides)** pour répondre aux exigences de confort hiver-été, augmentant ainsi les coûts initiaux et opérationnels (**Badescu et al., 2015**).

L'**impact financier et énergétique** de ces solutions est majeur, car elles influencent la **demande en énergie thermique et électrique, la charge des réseaux et les coûts de fonctionnement**. Des stratégies de **refroidissement passif**, telles que les **tunnels souterrains**,

la ventilation naturelle, le refroidissement évaporatif ou le rayonnement nocturne, existent mais nécessitent une **conception minutieuse** et une **adaptation aux conditions locales** (pollution, bruit, moustiques, etc.). Dans les **climats chauds**, il est plus facile d'atteindre des seuils faibles de consommation en chauffage (**15-30 kWh/m<sup>2</sup>.an**), notamment grâce à des températures plus clémentes et des vagues de froid moins intenses (Schnieders, 2009; Schnieders et al., 2015).

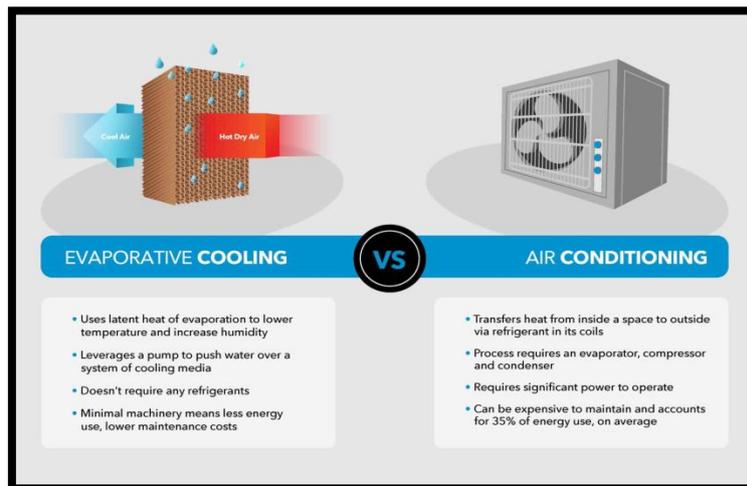


FIGURE 3 LA DIFFERENCE ENTRE REFROIDISSEMENT EVAPORATIF ET REFROIDISSEMENT NORMAL (SOURCE : [HTTPS://WWW.THEKULEFFECT.COM](https://www.thekuleffect.com))

L'optimisation du chauffage peut être obtenue en **réduisant la conductivité thermique de l'enveloppe, en limitant les infiltrations d'air et en sélectionnant des vitrages performants**. Dans ce contexte, viser un **chauffage quasi nul** est techniquement réalisable. De plus, l'intégration de **systèmes de récupération de chaleur (HRV ou MVHR)** permet de distribuer la chaleur efficacement avec une consommation énergétique minimale, réduisant ainsi la demande en chauffage à environ **5 kWh/m<sup>2</sup>.an** dans les climats mixtes.

Cependant, dans les **régions dominées par la climatisation**, maintenir une **consommation de refroidissement inférieure à 15 kWh/m<sup>2</sup>.an** est un défi en raison des **fortes températures, de l'exposition solaire élevée et de l'effet d'îlot de chaleur urbain**. Il est donc essentiel que la **définition des NZEB** prenne en compte l'**équilibre chauffage-refroidissement** propre à chaque **zone climatique** et impose des seuils d'efficacité énergétique adaptés, tout en recommandant des **solutions passives et des systèmes actifs performants**. Dans notre étude sur les **défis des NZEB**, nous nous concentrerons sur la manière dont cet équilibre est pris en compte dans les **définitions actuelles des bâtiments à énergie quasi nulle**.

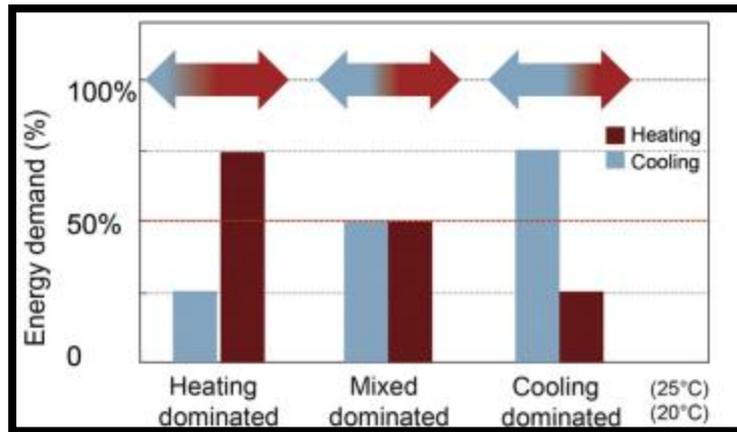


FIGURE 4 BILAN DE LA DEMANDE ENERGETIQUE MIXTE DE REFROIDISSEMENT, DE CHAUFFAGE (SOURCE : LIVRE NET ZERO ENERGY BUILDING PAR SHADY ATTIA, 2018)

#### 2.5.6. Limites de qualité de l'environnement intérieur (confort thermique) :

Attia S. (2018) a mentionné que Depuis une cinquantaine d'années, les experts ont développé des modèles pour comprendre ce qu'est le confort thermique. Mais la majorité des études se sont concentrées sur les bureaux, laissant de côté nos maisons. Heureusement, des normes comme **EN 15251** et **EN 16798** existent aujourd'hui pour s'adapter à tout espace où l'on passe du temps assis ou au calme.

Selon la norme **EN 16798**, deux approches sont proposées :

- Le modèle **PMV/PPD de Fanger** pour les bâtiments avec chauffage ou climatisation .
- Et le modèle **adaptatif de Humphreys et Nicol** pour ceux sans système mécanique, qui s'appuie sur notre capacité naturelle à nous adapter.

Dans les **bâtiments à énergie quasi nulle (BEQN)**, il ne suffit pas de faire des économies : il faut aussi garantir un bon confort thermique sur le court et le long terme. C'est une exigence soulignée dans plusieurs réglementations (ecee, 2015). Par exemple :

- En **France**, la climatisation ne doit pas descendre sous les 26°C en été.
- Le **CIBSE Guide A** considère qu'il y a "**surchauffe**" si l'on dépasse 28°C plus de 1 % du temps (ou 26°C dans les chambres).
- Et dans le standard **Passivhaus**, la température ne doit pas dépasser 25°C plus de 5 % du temps de travail.

Le problème, c'est que ces critères sont parfois peu réalistes ou difficiles à respecter, surtout dans les pays méditerranéens. Le **climat**, les **habitudes vestimentaires**, et même la **culture locale** jouent un rôle essentiel dans notre perception du confort (**Hermelink et al., 2013 ; Givoni, 1998**).

Le projet **Passive-on** a justement recommandé d'adapter les critères Passivhaus aux réalités du sud, en introduisant des approches plus souples, comme le **modèle adaptatif**(**Pagliano et al., 2007**).

Aujourd'hui, une autre problématique suscite une attention croissante : celui des **bâtiments "malades"**. Trop fermés, trop isolés, certains bâtiments NZEB finissent par **surchauffer**, surtout en été. Les études montrent que les bâtiments classiques s'en sortent souvent moins bien que ceux conçus avec une vraie réflexion sur le confort (**Barbosa et al., 2015 ; Ridley et al., 2013**).

Au **Portugal**, par exemple, même avec des matériaux classiques, des inconforts sont observés sans climatisation (**Figueiredo et al., 2016**). Et ce constat se répète ailleurs : au **Royaume-Uni**, en **Belgique**, aux **Pays-Bas**...

La surchauffe dans les NZEB est souvent liée à l'**étanchéité à l'air**, l'**isolation** et la **masse thermique**, sans considérer des facteurs essentiels comme (**Badescu et al., 2015**) :

- La **protection solaire**.
- La **connexion à l'air extérieur nocturne** ou à des sources de refroidissement passif.
- Les **moyens de contrôle de la vitesse de l'air**.

#### 2.5.7. *Seuil de production d'énergie renouvelable :*

Dans le cadre des bâtiments à énergie quasi nulle (BEQN), l'approche recommandée consiste, dans un premier temps, à **réduire les besoins énergétiques liés au chauffage et à la climatisation**, puis, dans un second temps, à **couvrir une part significative de ces besoins par des énergies renouvelables** produites sur site ou à proximité. Par exemple, en **Suisse**, l'autorisation d'installer un système de climatisation estivale est conditionnée par la démonstration que l'enveloppe du bâtiment est conçue de manière optimale pour limiter les besoins en refroidissement. Cela implique notamment la présence d'un **ombrage solaire efficace**, des **valeurs de transmission solaire (g-values) adaptées à l'orientation des façades**,

une **isolation appropriée**, ainsi qu'une **bonne inertie thermique**, comme le précise la norme **SIA382**. Des procédures de vérification rigoureuses sont également mises en œuvre.

Ces exigences montrent que l'**efficacité énergétique** constitue un levier essentiel pour atteindre les objectifs en matière d'énergie, de climat et d'économie. Pourtant, de nombreux projets de construction à travers le monde ne mettent pas en œuvre les solutions d'efficacité énergétique les plus poussées, malgré leur rentabilité. À l'inverse, les investissements dans les technologies d'énergies renouvelables semblent parfois plus accessibles, plus visibles, et donc plus facilement acceptés par les usagers, les investisseurs ou les médias.

Il existe également des obstacles d'ordre **juridique** et **technique** qui freinent l'adoption de certaines mesures d'efficacité énergétique, poussant ainsi certains maîtres d'ouvrage à privilégier les solutions renouvelables (**Unit, 2013**).

Les recommandations européennes relatives aux NZEB insistent néanmoins sur la nécessité d'inclure une part significative de production d'énergie renouvelable sur site, y compris la part renouvelable des **pompes à chaleur** (**Atanasiu et al., 2011**).

Cela dit, en **milieu urbain dense**, l'exploitation des ressources renouvelables peut se heurter à plusieurs limitations : **accès réduit au rayonnement solaire**, contraintes d'intégration architecturale, ou encore **pollution liée à la combustion de la biomasse**. À titre d'exemple, à **Bruxelles**, environ **70 % des émissions de particules fines** sont attribuées à la combustion de la biomasse (**Bruyninckx, 2016**). Des problématiques similaires sont relevées en **Italie**, notamment dans la région de **PianuraPadana**, et plus largement par l'**Agence européenne pour l'environnement**.

En définitive, trouver le juste équilibre entre **performance énergétique minimale exigée** et **part de production renouvelable sur site** reste une problématique complexe. Les choix dépendent fortement de facteurs comme le **coût de l'énergie**, les **contraintes réglementaires**, les **enjeux environnementaux**, ou encore les **limites techniques liées à la construction**. Une **vision à long terme** s'avère donc indispensable pour surmonter ces défis et garantir des bâtiments véritablement durables.

#### *2.5.8. Recommandations pour les seuils de performance BEQN :*

Les bâtiments à énergie quasi nulle (BEQN) sont encore en phase de pré-développement dans des régions comme l'Europe, les États-Unis et l'Asie. La prochaine étape sera celle du

décollage, avant l'accélération, puis la stabilisation du marché. Pour réussir cette transition, il est essentiel d'accompagner les acteurs (décideurs, institutions financières, professionnels du bâtiment) avec des recommandations concrètes.

Voici, à titre d'exemple, les **seuils de performance recommandés pour certains pays** :

TABLEAU 1 SEUILS SUGGERES DE PERFORMANCE POUR LES NZEB DANS CERTAINS PAYS (SOURCE : LIVRE NET ZERO ENERGY BUILDING PAR SHADY ATTIA, 2018)

| Country        | Min. energy efficiency  |                         | Primary energy kWh/m <sup>2</sup> .a | RES share (%) | Carbon emissions kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a |
|----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------|---|
|                | Energy need for cooling | Energy need for heating |                                      |               |   |
|                | kWh/m <sup>2</sup> .a   | kWh/m <sup>2</sup> .a   |                                      |               |   |
| Denmark        | 15                      | 15                      | 120                                  | 100           | 25  |
| France*        | 5–20                    | 5–20                    | 50                                   | 50            | 3–10  |
| Germany        | 5–15                    | 5–15                    | 120                                  | 100           | –   |
| Italy          | 15                      | 15                      | 120                                  | 50            | –   |
| United Kingdom | 15                      | 15                      | 120                                  | 50            | 10–14   |
| United States  | 30                      | 20                      | 120                                  | 50            | –   |

### 2.5.9. Statut des NZEB dans le monde

Aujourd'hui, les bâtiments à consommation quasi nulle (NZEB) ne relèvent plus uniquement de l'innovation ou de la recherche. Ils s'inscrivent de plus en plus dans les stratégies concrètes des pays pour réduire leur empreinte énergétique et environnementale.

**En Europe**, des objectifs ambitieux portés par la Commission Européenne (2010) ont permis une croissance continue des constructions BEQN. De l'autre côté de l'Atlantique, aux **États-Unis**, le programme **ZeroEnergyReady Home** a permis de voir émerger plus de 15 000 logements ultra-efficaces sur le plan énergétique, avec des critères stricts garantissant confort et performance.

Pour dresser un état des lieux plus détaillé, des experts nationaux ont été consultés dans plusieurs pays (Danemark, France, Allemagne, Italie, Royaume-Uni, États-Unis). Leurs retours ont permis de mieux comprendre les approches locales en répondant à sept grandes questions, selon l'étude d'Attia et al. (2017).

1. France : un tournant environnemental :

En France, on assiste à un changement de cap important : la transition de la **RT2012**, centrée sur la seule performance énergétique, vers les nouvelles réglementations thermiques **RE2018** et **RE2020**, qui adoptent une approche environnementale plus globale, basée sur l'**Analyse du Cycle de Vie (ACV)**.

La RE2018 introduit le concept de **bâtiment à énergie positive (BEPOS)**, qui prend en compte **toutes** les consommations du bâtiment y compris les appareils électroménagers et informatiques. Il vise à équilibrer cette consommation avec des apports en **énergies renouvelables**.

Une attention particulière est portée à la **réduction de l'empreinte carbone**, à travers un label **E+C-** (Énergie Positive et Réduction Carbone), avec plusieurs niveaux de performance.

Les concepteurs sont encouragés à se tourner vers des stratégies **passives de refroidissement**, en optimisant notamment l'indicateur bioclimatique **Bbio** (orientation, compacité, inertie thermique, étanchéité à l'air, etc.). L'objectif est de limiter l'utilisation de systèmes actifs de climatisation, en particulier dans les logements.

Côté confort, la réglementation s'appuie désormais sur les normes **EN 16798** et **ISO 7730**, avec une attention renforcée portée au confort d'été. Enfin, le label BEPOS encourage fortement la production d'électricité solaire sur site.

#### *2.5.10. Comment concevoir un nZEB ?*

Réaliser un bâtiment à énergie quasi nulle repose sur une approche basée sur trois grandes étapes, qui combinent la conception passive, l'efficacité énergétique et la production d'énergie renouvelable. L'illustration ci-dessus résume parfaitement ce cheminement vers des bâtiments plus durables et autonomes (exemple d'analyse du Cas d'étude dans les annexes)

- ***Première étape : la conception passive***

Tout commence dès la phase de conception. L'objectif ici est de réduire les besoins énergétiques à la source en tirant parti de ce que la nature offre gratuitement : orientation du bâtiment, lumière du soleil, ventilation naturelle... Cela passe aussi par une enveloppe performante (murs, toiture, fenêtres), une bonne isolation, des solutions de stockage thermique (comme les matériaux à changement de phase - PCM) et un usage intelligent de la lumière naturelle.

- **Deuxième étape : l'efficacité énergétique**

Une fois les besoins énergétiques réduits au minimum, place à l'optimisation des équipements. Chauffage, ventilation, climatisation (CVC), production d'eau chaude, éclairage, électroménagers et systèmes de contrôle automatique : tout doit fonctionner de manière efficace pour consommer le moins d'énergie possible, sans sacrifier le confort.

- **Troisième étape : la production d'énergie renouvelable**

produire localement l'énergie nécessaire à partir de sources renouvelables. Panneaux solaires, éoliennes, pompes à chaleur géothermiques, systèmes de cogénération... Le choix dépend du climat local et du contexte.

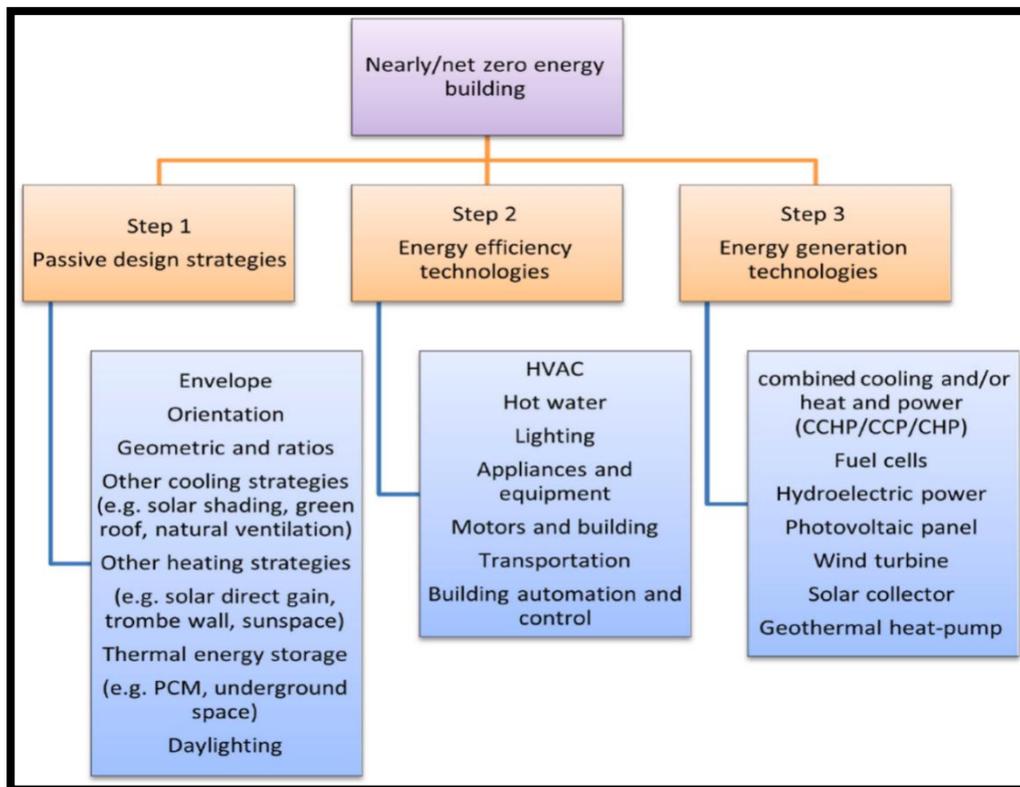


FIGURE 5 BILAN DE LA DEMANDE ENERGETIQUE MIXTE DE REFROIDISSEMENT, DE CHAUFFAGE (SOURCE : LIVRE NET ZERO ENERGY BUILDING PAR SHADY ATTIA, 2018)

## 2.6. L'enveloppe du bâtiment :

### 2.6.1. Qu'est-ce que l'enveloppe d'un bâtiment ?

*L'enveloppe d'un bâtiment est l'ensemble des éléments qui séparent le volume intérieur d'un bâtiment de son environnement extérieur (Office québécois de la langue française : 2019). Elle est principalement constituée des murs de façade, du toit, des portes, des fenêtres, ainsi*

*que de tout ce qui les soutiens. Ensemble, ces composants protègent l'immeuble contre les éléments extérieurs et maintiennent un environnement confortable à l'intérieur (Banque de développement du Canada)*

### 2.6.2. L'historique de l'enveloppe architecturale environnementale :

- **Enveloppes primitives** : Les premières enveloppes architecturales étaient de simples abris – tentes, cavités naturelles – destinées à protéger les humains des éléments : pluie, humidité, soleil... Malgré leur aspect rudimentaire, elles étaient déjà en adéquation avec leur environnement, pensées selon les besoins immédiats et les ressources disponibles. **(Lemchouchi, 2019)**
- **Architecture locale** : Avec la sédentarisation, les enveloppes ont gagné en stabilité et en pérennité. On commence alors à construire avec des matériaux locaux comme la pierre, le bois ou la terre, à la fois accessibles et adaptés au climat. Ce sont les premiers gestes vers une réflexion autour du confort thermique et de l'ancrage dans le territoire. **(Lemchouchi, 2019)**
- **Fin du 19e siècle et début du 20e siècle** : Cette période marque un tournant dans les méthodes constructives. L'architecture haussmannienne, entre autres, introduit des enveloppes plus complexes, faites de matériaux diversifiés. Cependant, malgré leur richesse formelle, ces enveloppes restent peu performantes sur le plan **(Lemchouchi, 2019)**
- **Industrialisation et matériaux modernes** : L'industrialisation apporte de nouveaux matériaux – acier, béton, verre – qui transforment radicalement la manière de construire. Les enveloppes deviennent plus légères, plus performantes. C'est l'ère des mur-rideaux, qui maximisent la lumière naturelle tout en améliorant l'isolation thermique et phonique. **(Lemchouchi, 2019)**
- **Confort thermique et efficacité énergétique** : Au 20e siècle, les avancées Le 20e siècle voit l'apparition de technologies qui optimisent réellement le confort intérieur. Isolation renforcée, fenêtres à double vitrage, ventilation mécanique contrôlée... L'enveloppe n'est plus seulement protectrice, elle devient active dans la gestion de l'énergie et du confort. **(Lemchouchi, 2019)**
- **Considérations environnementales** : Aujourd'hui, les enjeux environnementaux redéfinissent les priorités. L'enveloppe est conçue pour limiter l'impact écologique du bâtiment. Elle intègre des matériaux durables, des dispositifs de récupération d'énergie,

et des technologies avancées pour réduire consommation énergétique et émissions de CO<sub>2</sub>. Elle devient une interface intelligente entre l'architecture, le climat et l'humaine.

**(Lemchouchi, 2019)**

### *2.6.3. Le rôle de l'enveloppe :*

On peut résumer les fonctions d'une enveloppe architecturale dans les points suivants :

- Revêtement intérieur
- Structure
- Pare-air
- Pare-vapeur
- Isolation thermique
- Parement extérieur

### *2.6.4. Les types de l'enveloppe architecturale :*

Selon le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU) on distingue plusieurs types de l'enveloppe architecturale varient selon :

**Leur rôle :**

#### **1. L'enveloppe non porteuse**

Ces façades ne contribuent pas à la stabilité structurelle du bâtiment. Leur fonction principale est de protéger l'intérieur des éléments extérieurs tout en apportant des avantages esthétiques et fonctionnels. Parmi les façades non porteuses, on trouve :

- **L'enveloppe légère :** Ces enveloppes sont généralement composées de matériaux tels que le verre ou l'aluminium, intégrés dans des bâtiments modernes pour maximiser l'apport de lumière naturelle tout en restant relativement légers.



FIGURE 6 SHOPPING MALL STORE FRONT  
TEMPERED DOUBLE ALUMINUM CURTAIN  
WALL. SOURCE: [HTTPS://FR.ALUMINUM-  
DOORS.COM/](https://fr.aluminum-doors.com/)

○ **L'enveloppe en remplissage  
maçonné < 15cm d'épaisseur**

Ce sont des murs plus fins, souvent utilisés entre les éléments porteurs d'un bâtiment. Ils sont réalisés avec des matériaux comme la brique ou le béton léger, offrant ainsi une protection efficace tout en restant simples à réaliser



FIGURE 7 CONSTRUIRE UN DOUBLAGE EN BRIQUES SOURCE:  
[HTTPS://BRICOLAGE-AVEC-ROBERT.COM/](https://bricolage-avec-robert.com/)

**2. L'enveloppe porteuse :**

Contrairement aux façades non porteuses, les enveloppes porteuses jouent un rôle essentiel dans la stabilité du bâtiment. Elles supportent une partie du poids de la structure et doivent donc être plus solides et résistantes aux forces extérieures. Ces façades sont généralement plus épaisses et sont souvent en béton ou en maçonnerie pour assurer la solidité nécessaire.



FIGURE 8 MURS PORTEURS EN BETON ARME. SOURCE: [HTTPS://WWW.BATIPRODUITS.COM/](https://www.batiproduits.com/)

### **Leur principe de fonctionnement :**

#### **1. L'enveloppe simple**

C'est la forme la plus basique de l'enveloppe du bâtiment. Elle a pour rôle principal d'enfermer un espace et de le protéger des éléments extérieurs comme le vent, la pluie, la neige, le soleil ou encore le bruit. Elle agit comme une barrière directe entre l'intérieur et l'extérieur, sans dispositif particulier de régulation.

#### **2. L'enveloppe ventilée**

Ici, l'enveloppe est conçue de manière plus intelligente. Elle intègre des ouvertures ou des joints dans le revêtement extérieur, permettant à l'air de circuler entre la couche isolante et le parement. Ce mouvement d'air naturel évite que la paroi ne surchauffe ou que l'humidité ne s'accumule, limitant ainsi les risques de condensation. C'est une solution souvent utilisée pour améliorer le confort et la durabilité du bâtiment.

*Leurs matériaux utilisés :*



FIGURE 9 ENVELOPPE EN PIERRE. SOURCE: [HTTPS://WWW.CARRELAGE-PIERRE-NATURELLE.COM/](https://www.carrelage-pierre-naturelle.com/)

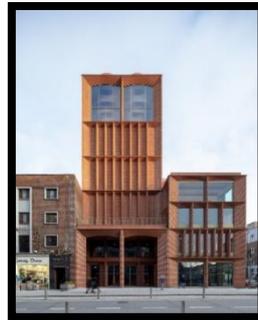


FIGURE 10 ENVELOPPE EN BRIQUE. SOURCE: [HTTPS://ARCHELLO.COM/](https://archello.com/)



FIGURE 11 ENVELOPPE EN BETON. SOURCE: [HTTPS://WWW.TECHNI-CONTACT.COM/](https://www.techni-contact.com/)



FIGURE 12 ENVELOPPE EN BOIS SOURCE: [HTTPS://WWW.MAISONSFRANCEFORET.COM/](https://www.maisonsfranceforet.com/)



FIGURE 13 ENVELOPPE METALLIQUE. SOURCE: [HTTPS://WWW.VOIRVERT.CA/](https://www.voirvert.ca/)



FIGURE 14 ENVELOPPE EN TEXTILE . SOURCE: [HTTPS://WWW.VERRE-MENUISERIE.COM/](https://www.verre-menuiserie.com/)

*2.6.5. Propriété et performance thermique des matériaux :*

*I. Conductivité thermique ( $\lambda$ ) :*

La conductivité thermique mesure la capacité d'un matériau à conduire la chaleur. Elle s'exprime en  $W/m \cdot K$ . Plus la conductivité thermique est faible, meilleur est l'isolant. Par exemple, le polystyrène expansé a une conductivité thermique de  $0,035 W/m \cdot K$ , tandis que le béton peut atteindre  $1,4 W/m \cdot K$ .

*II. Résistance thermique ( $R$ ) :*

La résistance thermique est utilisée pour quantifier le pouvoir isolant d'un matériau pour une épaisseur donnée. Elle s'exprime en  $m^2 \cdot K/W$ . Une

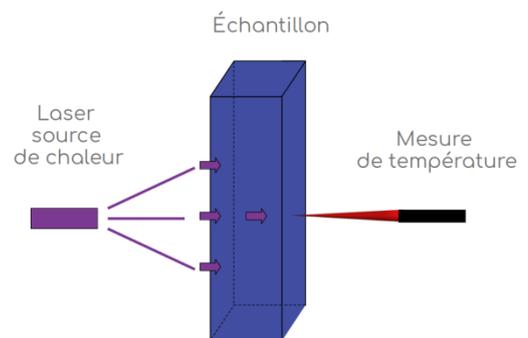


FIGURE 15 CONDUCTIVITE THERMIQUE SOURCE: [HTTPS://WWW.CALNESIS.COM/](https://www.calnesis.com/)

paroi est d'autant plus isolante que sa résistance thermique est élevée. La résistance thermique est calculée par la formule :  $R = \lambda/e$  Où  $e$  est l'épaisseur du matériau et  $\lambda$  est la conductivité thermique.

III. Coefficient de transmission surfacique (U) :

Le coefficient de transmission surfacique (U) est l'inverse de la résistance thermique (R). Il s'exprime en  $W/m^2 \cdot K$  et représente le flux de chaleur à travers  $1 m^2$  de paroi pour une différence de température de  $1^\circ C$  entre les deux environnements séparés par la paroi. Plus U est faible, plus la paroi est isolante.

IV. Capacité thermique ( $\rho C$ ) :

La capacité thermique d'un matériau représente sa capacité à stocker de la chaleur. Elle s'exprime en  $Wh/m^3 \cdot K$ . Les matériaux lourds, comme le béton ou la pierre, ont une capacité thermique élevée, ce qui permet de stocker et de restituer la chaleur, contribuant ainsi à l'inertie thermique.

V. Diffusivité thermique ( $a$ ) :

La diffusivité thermique exprime la capacité d'un matériau à transmettre rapidement une variation de température. Elle s'exprime en  $m^2/heure$ . Plus la diffusivité thermique est faible.

TABLEAU 2 PROPRIETES ET PERFORMANCES THERMIQUES DES MATERIAUX. SOURCE: [HTTPS://MYREADER.TOILE-LIBRE.ORG/](https://myreader.toile-libre.org/)

|   | Masse volumique $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | Conductivité thermique $\lambda$ (W/m.K) | Capacité thermique $\rho C$ (Wh/m <sup>3</sup> .K) | Diffusivité thermique $a$ (m <sup>2</sup> /h) * $10^{-3}$ | Vitesse de transfert $v$ (cm/h) * | Effusivité thermique E (Wh <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> .K) | Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau $\mu$   | Énergie grise (kWh/m <sup>3</sup> ) |
|---|---|--|--|---|-----------------------------------|---|--|-------------------------------------|
| <b>Matériaux d'isolation</b>                          |   |  |  |   |                                   |   |  |                                     |
| Polystyrène expansé                                   | 30 à 300                                    | 0,038                                    | 12   | 3,14  | 4,08                              | 0,7   | 40 à 100   | = 450                               |
|   | 15 à 30                                     | 0,042                                    | 9  | 4,63  | 4,93                              | 0,6   | 30 à 70  |                                     |
|   | 7 à 15                                      | 0,050                                    | 4  | 11,20   | 7,7                               | 0,5   | 20 à 50  |                                     |
| Polystyrène extrudé                                   | 20 à 30                                     | 0,028                                    |  |   |                                   |   | 80 à 300   | = 850                               |
| Polyuréthane (panneaux)                               | 30  | 0,030                                    | 12   |   |                                   |   | Imperméable  | 1000 à 1200                         |
| Polyuréthane (mousse)                                 | 27 à 60                                     | 0,032                                    | 17   | 1,89  | 3,15                              | 0,7   | Imperméable  |                                     |
| Laine de verre  | 40 à 150                                    | 0,039                                    | 27   | 1,43  | 2,74                              | 1   | perméable à la vapeur d'eau mais les performances thermiques sont fortement diminuées par l'humidité | 150 à 250                           |
|   | 15 à 40                                     | 0,041                                    | 8  | 5,21  | 5,23                              | 0,6   |  |                                     |
|   | 7 à 15                                      | 0,050                                    | 3  | 15,89   | 9,14                              | 0,4   |  |                                     |
| Laine de roche  | 40 à 200                                    | 0,045                                    | 34   | 1,31  | 2,62                              | 1,2   | Moins sensible à l'humidité que la laine de verre  | 150 à 250                           |
|   | 25 à 40                                     | 0,044                                    | 9  | 4,73  | 4,99                              | 0,6   |  |                                     |
|   | 15 à 25                                     | 0,050                                    | 6  | 8,74  | 6,78                              | 0,5   |  |                                     |
| Verre cellulaire                                      | 140 à 180                                   | 0,057                                    | 44   | 1,28  | 2,59                              | 1,6   | =  | = 1600                              |
|   | 110 à 140                                   | 0,051                                    | 35   | 1,47  | 2,78                              | 1,3   | =  |                                     |
| Vermiculite   | 75 à 130                                    | 0,08 à 0,08                              |  |   |                                   |   | 3 à 4  | = 230                               |
| Panneaux de bois mixte                                | 40 à 55                                     | 0,040                                    | 113  | 0,37  | 1,39                              | 2,2   | 1 à 2  | = 12,5                              |
| Panneaux de bois « mi dur »                           | 780   | 0,050                                    | 196  | 0,62  | 1,81                              | 2,6   | 5  | = 12,5                              |
| Laine de cellulose                                    | 20 à 30                                     | 0,043                                    | 11   | 3,97  | 4,57                              | 0,7   | 1 à 2  | = 6                                 |
| Lège expansé  | 100 à 150                                   | 0,049                                    | 65   | 0,75  | 1,99                              | 1,8   | 5 à 30   | 85 à 90                             |
| Panneaux de chanvre                                   | 20 à 30                                     | 0,039                                    |  |   |                                   |   | 1 à 2  | 30                                  |
| Panneaux en liège rigide                              | 30 à 35                                     | 0,037                                    |  |   |                                   |   | 1 à 2  |                                     |
| Laine de coton en rouleaux                            | 20  | 0,040                                    |  |   |                                   |   | 1 à 2  |                                     |
| Laine de mouton                                       | 20 à 50                                     | 0,060                                    | 16   | 3,86  | 4,5                               | 1   | 1 à 2  | 80                                  |
|   | 10 à 20                                     | 0,065                                    | 7  | 8,75  | 7,16                              | 0,7   | 1 à 2  | 80                                  |
| <b>Matériaux de construction à isolation répartie</b> |   |  |  |   |                                   |   |  |                                     |
| Béton cellulaire                                      | 775 à 825                                   | 0,29                                     | 222  | 1,31  | 2,62                              | 8   | 4 à 10   | = 400                               |
| Béton cellulaire                                      | 575 à 625                                   | 0,21                                     | 167  | 1,26  | 2,57                              | 5,9   |  |                                     |
| Béton cellulaire                                      | 375 à 425                                   | 0,14                                     | 111  | 1,26  | 2,57                              | 3,9   |  |                                     |
| Béton de chanvre                                      | 400 à 450                                   | 0,11                                     | 213  | 0,52  | 1,85                              | 4,8   |  |                                     |
| Brique alvéolaire (maçonnerie)                        | 700 à 750                                   | 0,12                                     | 202  | 0,59  | 1,76                              | 4,9   |  | 700                                 |
| Terre-paille  | 300 à 400                                   | 0,11                                     | 136  | 0,81  | 2,08                              | 3,9   | Très faible  | Très faible                         |
| <b>Autres matériaux</b>                               |   |  |  |   |                                   |   |  |                                     |
| Purpang de ciment                                     | 850 à 950                                   | 0,9                                      | 290  | 3,6   | 4,35                              | 15  | 5 à 10   | 1800                                |
| Brique de terre cuite pleine                          | 2300 à 2400                                 | 1,04                                     | 653  | 1,59  | 2,89                              | 26,1  | 50 à 100   | 1700                                |
|   | 1650 à 1700                                 | 0,64                                     | 458  | 1,4   | 2,71                              | 17,1  | 50 à 100   | 1700                                |
| Pisé  | 1770 à 2000                                 | 1,1                                      | 785  | 1,4   | 2,71                              | 29,4  |  | 100 à 120                           |

\*La vitesse de transfert correspond à la vitesse de conduction de la chaleur à l'intérieur du matériau.

### 2.6.6. Les différentes composantes d'une Enveloppe :

Selon MEETMED (Mitigation Enabling Energy Transition in the Mediterranean Region ) on peut classer les composantes d'une enveloppe sur 6 categories:

- Murs, Isolation thermique, Fenêtres, Toit, Orientation du bâtiment, Protection solaire et redirection de la lumière du soleil

#### I. Elément verticale :

##### Les Murs :

Les murs ne sont plus simplement des éléments porteurs ou des séparateurs d'espace. Aujourd'hui, dans une architecture tournée vers le confort et la performance énergétique, ils jouent un rôle central : celui d'interface entre l'intérieur et l'extérieur. Ils protègent, isolent, respirent même parfois. Grâce aux avancées technologiques et à l'apparition de matériaux intelligents, les murs deviennent de véritables acteurs du bien-être et de l'efficacité énergétique du bâtiment.

##### Murs avec isolation intégrée (ITI/ITE/IR) :

#### 1. Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI) :

L'isolation thermique par l'intérieur (ITI) implique l'installation d'un isolant à l'intérieur du bâtiment. Cette méthode est particulièrement efficace pour isoler les murs d'une maison et améliorer son efficacité énergétique. Elle consiste à ajouter une couche d'isolant à l'intérieur des murs, en installant des matériaux isolants entre les montants des murs. Cette technique est adaptée pour les rénovations où l'espace extérieur est limité. **(Gedimat)**

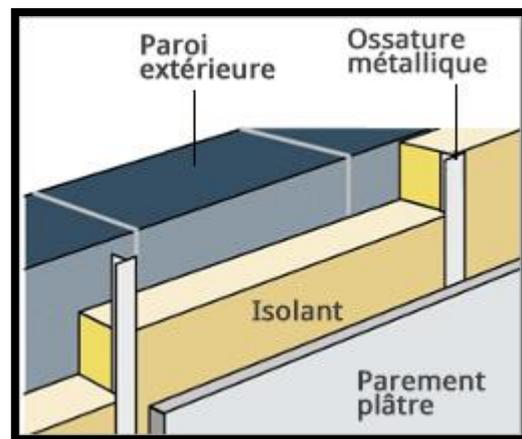


FIGURE 16 ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTERIEUR  
SOURCE: [HTTPS://PARTICULIERS.ENGIE.FR/](https://particuliers.engie.fr/)

#### 2. Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) :

L'isolation thermique par l'extérieur (ITE) est considérée comme la méthode la plus performante. Elle consiste à envelopper les parois extérieures du bâtiment avec un isolant, ce qui supprime les ponts thermiques et protège les murs des intempéries. Cette méthode ne modifie pas la surface habitable et offre une meilleure protection contre les variations de température. **(Gedimat)**

### 3. Isolation Intégrée (ITR)

L'isolation intégrée est une solution adaptée pour les nouvelles constructions. Elle prend la forme de blocs de coffrage isolants dans lesquels est coulé du béton, ou de blocs béton remplis par un isolant. Cette technique permet d'intégrer l'isolation directement dans la structure du mur, offrant ainsi une isolation de haute performance et des possibilités architecturales intéressantes. **(Gedimat)**

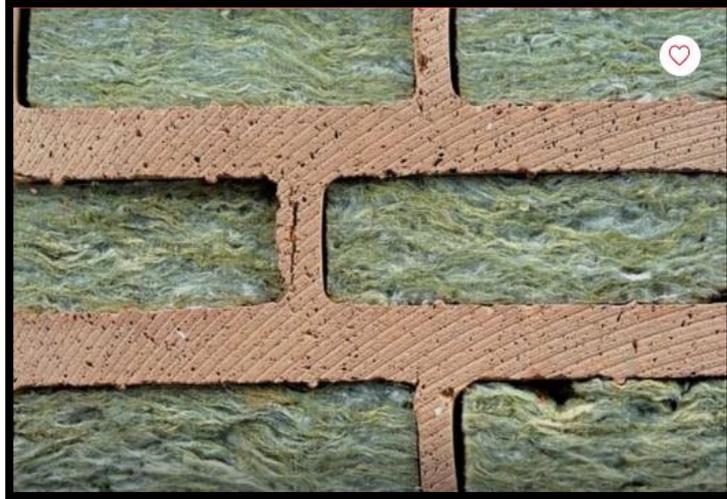


FIGURE 17 ISOLATION INTEGREE. SOURCE: [HTTPS://MAMAISONDEAAZ.GEDIMAT.FR/](https://mamaisondeaaaz.gedimat.fr/)

*Avantages et inconvénients :*

#### ITI :

- **Avantages :** Ne modifie pas l'apparence extérieure du bâtiment, convient bien aux rénovations.
- **Inconvénients :** Réduit légèrement la surface habitable, nécessite une attention particulière pour éviter les ponts thermiques.

#### ITE :

- **Avantages :** Supprime les ponts thermiques, ne réduit pas la surface habitable, protège les murs des intempéries.
- **Inconvénients :** Modifie l'apparence extérieure du bâtiment, peut-être coûteuse.

#### ITR :

- **Avantages :** Intégration directe dans la structure, offre une isolation de haute performance, convient bien aux nouvelles constructions.
- **Inconvénients :** Nécessite une planification minutieuse lors de la construction

**Mur Trombe :**

Le **mur Trombe** est un système de chauffage solaire passif qui utilise l'énergie gratuite du soleil pour chauffer les espaces intérieurs d'un bâtiment. Ce dispositif a été développé par le professeur Félix Trombe et l'architecte Jacques Michel dans les années 1950-1970

Fonctionnement :

Le mur Trombe est composé d'un mur massif, généralement en béton ou en pierre, de couleur sombre, exposé au sud (dans l'hémisphère nord). Ce mur est recouvert par un vitrage, créant ainsi un espace d'air entre le mur et le vitrage. Lorsque le soleil frappe le vitrage, l'air entre le mur et le vitrage se réchauffe par effet de serre. Ce chauffage de l'air provoque une circulation naturelle de l'air chaud vers le haut, ce qui permet de chauffer l'espace intérieur.

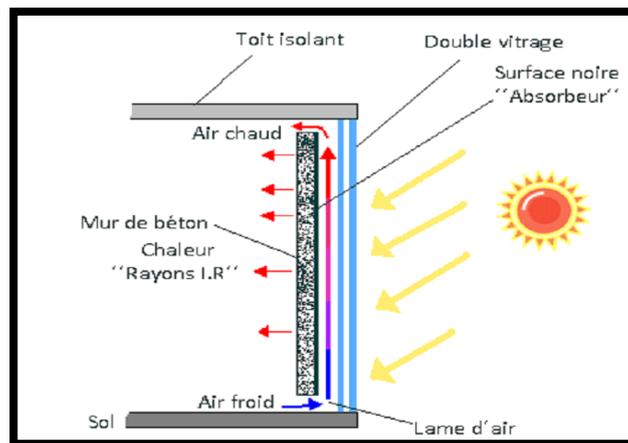


FIGURE 18 SCHEMA DU PRINCIPE MUR TROMBE. SOURCE: CHABANE, F. (2015).

Le mur Trombe peut fonctionner de deux façons :

1. **Pendant l'ensoleillement** : L'air chaud circule naturellement entre le mur et le vitrage, chauffant ainsi l'espace intérieur par convection.
2. **Après le coucher du soleil** : Le mur continue de diffuser la chaleur accumulée pendant la journée par radiation, ce qui permet de maintenir une température confortable même en l'absence de soleil. **(Ekopedia.com).**

Façade double peau :

La façade double peau, également connue sous le nom de façade à double enveloppe, est un système de construction d'enveloppe composé de deux couches de revêtement séparées par un espace d'air. Ce système est devenu de plus en plus populaire pour sa capacité à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments tout en offrant des avantages esthétiques et fonctionnels. **(Souza, E. 2024).**

Fonctionnement :

Le fonctionnement de la façade double peau repose sur l'effet cheminée. L'espace d'air entre les deux couches de verre permet de réguler la température intérieure en fonction des conditions climatiques extérieures. En été, l'air chaud est expulsé par le haut, réduisant ainsi la surchauffe. En hiver, l'air froid est empêché d'entrer, conservant ainsi la chaleur à l'intérieur.

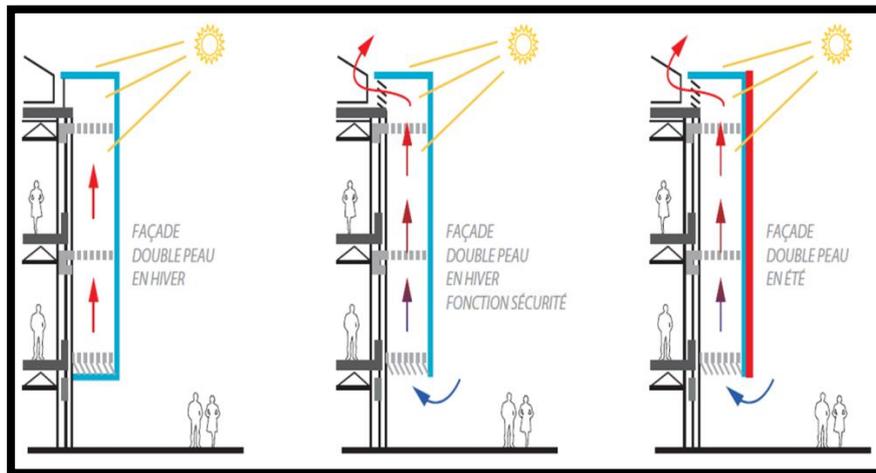


FIGURE 19 FAÇADE DOUBLE PEAU. SOURCE: [HTTPS://WWW.SOUCHIER-BOULLET.COM](https://www.souchier-boullet.com)

Composition structurelle :

- **Vitrage intérieur** : Généralement composé de verre isolant (double ou triple), ce vitrage assure l'isolation thermique et acoustique.
- **Vitrage extérieur** : Cette couche extérieure, souvent en verre simple ou stratifié, protège l'espace d'air des éléments extérieurs.
- **Espace d'air** : L'espace entre les deux couches de vitrage peut varier de quelques centimètres à plusieurs mètres. Cet espace peut être ventilé naturellement ou mécaniquement. (Acca).

Avantages :

- **Économies d'énergie** : La façade double peau réduit significativement les besoins en chauffage et en climatisation.
- **Isolation acoustique** : L'espace d'air agit comme une chambre d'atténuation du son, réduisant ainsi la transmission des bruits extérieurs.
- **Contrôle solaire** : Les façades peuvent intégrer des protections solaires internes, telles que des stores ou des lames orientables, pour réduire les gains solaires en été (Acca).

Applications :

Ce système est particulièrement bien adapté aux bâtiments de grande hauteur, tels que les gratte-ciel, où il permet de maximiser la lumière naturelle tout en réduisant les charges thermiques. Des exemples célèbres incluent le bâtiment 30 St Mary Axe, également connu sous le nom de "The Gherkin", conçu par Foster + Partners.

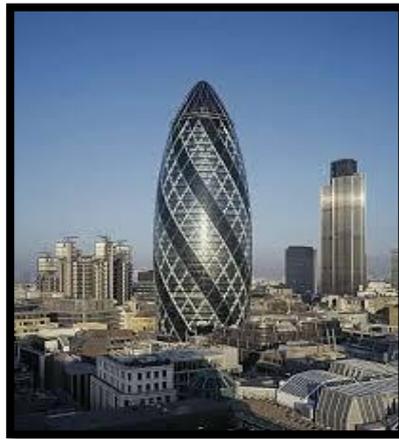


FIGURE 20 THE GHERKIN . SOURCE: [HTTPS://WWW.DOKFEST-MUENCHEN.DE/](https://www.dokfest-muenchen.de/)

Mur végétalisé / bioactif :

Définition

Un mur végétalisé, également connu sous le nom de mur végétal, est une installation composée de plantes qui poussent verticalement le long d'une structure. Cette structure peut être un mur, une façade ou un panneau. Les murs végétaux peuvent être utilisés à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments et offrent de nombreux avantages environnementaux et esthétiques. **(Umvie)**.

Types de mur végétalisé :

- Mur végétal classique : : Utilise des plantes grimpantes ou des plantes en pots fixés à une structure verticale. Il nécessite un système d'irrigation pour fournir de l'eau et des nutriments aux plantes.



FIGURE 21 MUR VEGETAL CLASSIQUE. SOURCE: [HTTP://PROMESSEDEFLEURS](http://promessedefleurs)

- **Mur végétal stabilisé** : Utilise des mousses ou des plantes stabilisées qui ne nécessitent pas d'irrigation ni d'entretien régulier. Ces murs sont souvent utilisés pour des installations temporaires ou dans des environnements où l'entretien est difficile. (**ligne Jardin. (n.d.)**).



FIGURE 22 MUR VEGETAL STABILISE . SOURCE: [HTTPS://WWW.LIGNE-JARDIN.COM/](https://www.ligne-jardin.com/)

- **Mur végétal bioactif** : Intègre des plantes qui purifient l'air et améliorent la qualité de l'environnement intérieur. Ces murs peuvent être équipés de systèmes de filtration de l'air pour renforcer leurs effets bénéfiques.

Avantages :

- **Amélioration de la qualité de l'air** : Les plantes absorbent les polluants et libèrent de l'oxygène, ce qui améliore la qualité de l'air intérieur.
- **Isolation thermique et acoustique** : Les murs végétaux peuvent réduire les pertes de chaleur en hiver et les gains de chaleur en été, tout en atténuant le bruit extérieur.

- **Esthétique** : Ils ajoutent une touche de nature et de verdure à l'environnement, ce qui peut améliorer le bien-être des occupants.

Techniques de construction :

**Culture hydroponique** : Les plantes sont cultivées dans un substrat inerte (comme du feutre horticole ou de la sphaigne) irrigué par une solution nutritive. (**Neogarden Murs Végétaux. (n.d.)**)

**Systèmes d'irrigation** : Deux types de systèmes d'irrigation sont couramment utilisés :

**Circuit fermé** : Un bac contient des pompes immergées qui acheminent l'eau jusqu'au haut du mur, où elle descend par gravité et est récupérée pour un nouveau cycle.

**Circuit ouvert** : L'eau est fournie par une arrivée d'eau et évacuée à la base du mur sans réutilisation. (**Neogarden Murs Végétaux. (n.d.)**)

Innovations récentes

- **Béton bioréceptif** : Une innovation récente est le béton bioréceptif développé par Respyre. Ce béton est spécialement conçu pour favoriser la croissance de la mousse et des plantes, offrant ainsi une solution durable et écologique pour la végétalisation des murs.



FIGURE 23 BÉTON BIORÉCEPTIF. SOURCE: [HTTPS://WWW.NEOZONE.ORG](https://www.neozone.org)

### ***Impression 3D :***

Des prototypes comme le Biomic Wall utilisent l'impression 3D pour créer des structures poreuses en céramique qui favorisent la croissance des plantes tout en améliorant la qualité de l'air.



FIGURE 24 STRUCTURES POREUSES EN CERAMIQUE. SOURCE: [HTTPS://WWW.NEOZONE.ORG/](https://www.neozone.org/).

Matériaux à changement de phase (PCM) :

Les matériaux à changement de phase (PCM) sont des substances capables de stocker et de libérer de grandes quantités d'énergie lors de leurs transitions de phase, généralement entre l'état solide et l'état liquide. Ces matériaux sont de plus en plus utilisés dans diverses applications en raison de leur capacité à maintenir une température constante tout en absorbant ou libérant de la chaleur. (Petronaft Co. (n.d))

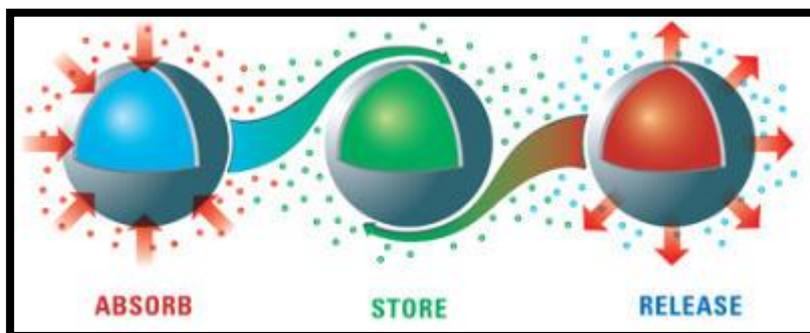


FIGURE 25 MATERIAU A CHANGEMENT DE PHASE. SOURCE: [HTTPS://IDELOG.FR/](https://ideolog.fr/)

Propriétés clés des matériaux à changement de phase :

- Stockage thermique** : Les PCMs stockent de l'énergie thermique sous forme de chaleur latente lors des transitions de phase. Cette propriété leur permet d'avoir une densité de stockage d'énergie élevée, ce qui est essentiel pour diverses applications.
 **Propriétés thermiques** : Les PCMs sont connus pour leur capacité à absorber et libérer de la

chaleur à une température presque constante, déterminée par les points de fusion et de solidification du matériau.

- **Propriétés électriques et optiques** : Bien que les propriétés thermiques soient les plus importantes, certaines applications peuvent également tirer parti des propriétés électriques et optiques des PCMs (**Petronaft Co. (n.d)**)

*Types de matériaux à changement de phase*

**Matériaux organiques :**

- **Paraffines** : Les paraffines sont couramment utilisées dans les systèmes de refroidissement car elles peuvent stocker beaucoup de chaleur. Elles sont chimiquement stables et ont une capacité de chaleur latente élevée.



FIGURE 26 NORCO PARAFFIN WAX. SOURCE: [HTTPS://REHABSHOP.COM.SG/](https://rehabshop.com.sg/)

- **Acides gras** : Ces PCMs sont une alternative écologique car ils sont souvent biodégradables et peuvent être reconstruits naturellement.

**Matériaux inorganiques :**

- **Hydrates de sel** : Ces composés sont efficaces pour les applications à haute température, allant de 8 à 120°C.
- **Métaux** : Bien que moins populaires, les métaux sont extrêmement efficaces pour la conduction de chaleur mais sont plus coûteux.

**Matériaux eutectiques :**

- Ces PCMs combinent deux ou plusieurs matériaux organiques ou inorganiques pour obtenir des propriétés spécifiques. (Thermtest. (2024)).

TABLEAU 3 MATERIAUX EUTECTIQUES SOURCE: PETRONAFT. (2024).

| Material       | Type      | Melting Point (°C) | Latent Heat (kJ/kg) | Thermal Conductivity (W/m-K) |
|----------------|-----------|--------------------|---------------------|------------------------------|
| Paraffin Wax   | Organic   | 50-60              | 200-250             | 0.2-0.4                      |
| Salt Hydrates  | Inorganic | 30-50              | 150-280             | 0.5-1.0                      |
| Fatty Acids    | Organic   | 50-70              | 150-200             | 0.2-0.4                      |
| Eutectic Mixes | Inorganic | Varies             | 180-250             | 0.4-0.6                      |

**Innovations récentes**

- **Intégration de nanomatériaux** : L'incorporation de nanomatériaux comme le graphène ou les nanotubes de carbone peut augmenter la conductivité thermique des PCMs à base de paraffine.
- **Encapsulation** : L'encapsulation des paraffines dans des capsules micro ou nano peut améliorer leur stabilité thermique et réduire les risques de fuite.

**Matériaux bio-à base de paraffine :**

Le développement de paraffines à base de bio permet de réduire l'impact environnemental tout en offrant des propriétés thermiques similaires. (PetroNaft. (2024)).

Applications dans le secteur de la construction :

Les PCMs sont de plus en plus utilisés dans le secteur de la construction pour améliorer l'efficacité énergétique et le confort thermique des bâtiments. Par exemple, les PCMs peuvent être intégrés dans des panneaux isolants, des additifs pour béton ou des briques pour réguler la température intérieure. Des études ont également exploré l'intégration de PCMs dans des briques creuses pour améliorer la performance thermique des murs. (Lachheb, M., Younsi, Z., Youssef, N., & Bouadila, S. (2024))

### *Isolation thermique*

L'isolation thermique est le processus de réduction du transfert de chaleur entre des objets en contact thermique ou dans la plage d'influence radiative. Cette technique peut être appliquée aux murs, au toit ou au sol d'un bâtiment. Elle est essentielle pour réduire les pertes de chaleur en hiver et les gains de chaleur en été, ce qui permet de diminuer la consommation d'énergie et d'améliorer le confort thermique des occupants. **(RothschuhOsorio : 2023) (voir tableau X dans les annexes)**

### *Dernières technologies d'isolation pour l'enveloppe*

#### *Panneaux isolants sous vide (VIP) :*

Les panneaux isolants sous vide (VIP) sont des matériaux d'isolation thermique révolutionnaires qui offrent des performances exceptionnelles en termes d'efficacité thermique et de gain d'espace.



FIGURE 27 PANNEAUX ISOLANTS SOUS VIDE , SOURCE: [HTTPS://WWW.RECTICELINSULATION.COM/](https://www.recticelinsulation.com/)

#### *Composition et propriétés :*

**Noyau microporeux :** Le noyau des panneaux VIP est généralement composé de nanopoudre de silice enveloppée dans une couche étanche d'aluminium. Cette structure permet de minimiser la conduction thermique. **(RecticelInsulation. (s.d.). *Qu'est-ce qu'un panneau d'isolation sous vide ou VIP. RecticelInsulation.*)**

**Conductivité thermique :** La conductivité thermique des panneaux VIP est extrêmement faible, variant entre 0,0042 et 0,0050 W/m.K, ce qui les rend jusqu'à 8 fois plus performants que les isolants classiques comme la laine minérale. **(L'isolation.fr. (2024, 10 juillet). *Panneaux isolants sous vide (PIV). L'isolation.fr.*)**

#### *Avantages :*

**Performance thermique exceptionnelle :** Les panneaux VIP offrent une isolation thermique optimale, même avec des épaisseurs réduites.

**Gain d'espace :** Leur faible épaisseur (généralement entre 10 et 50 mm) les rend idéaux pour les espaces restreints.

**Durabilité** : Les panneaux VIP ont une durée de vie estimée à près de 50 ans.

*Inconvénients* :

**Prix élevé** : Les panneaux VIP sont relativement coûteux, avec des prix variant entre 40 et 60 € par m<sup>2</sup>.

**Fragilité** : Les panneaux sont très fragiles et peuvent perdre leurs performances si percés.

*Applications* :

**Rénovation de bâtiments patrimoniaux** : Les panneaux VIP sont particulièrement adaptés pour les rénovations où l'espace est limité.

**Constructions neuves haute performance** : Ils sont également utilisés dans les constructions neuves pour optimiser la surface habitable tout en atteignant des standards énergétiques élevés. (CESdeFrance. 2025)

*2. Aérogel de silice*

L'aérogel de silice est un matériau isolant nanostructuré, connu pour sa légèreté et ses excellentes propriétés d'isolation thermique.



FIGURE 28 L'AEROGEL. SOURCE : [HTTPS://WWW.PRESSE-CITRON.NET/](https://www.presse-citron.net/)

**Composition et propriétés :**

- **Structure nanoporeuse** : L'aérogel de silice est composé de 99,8 % d'air emprisonné dans une matrice nanoporeuse, ce qui lui confère une conductivité thermique très faible de 0,012 W/m.K. (M-Habitat. (s.d.)
- **Légèreté** : Ce matériau est extrêmement léger, avec une densité de seulement 70 g/L. (Chatelot, P. 2024).

**Avantages :**

- **Gain de place** : L'aérogel de silice permet de réduire significativement l'épaisseur nécessaire pour atteindre une résistance thermique donnée, par exemple, une épaisseur de 6 cm pour une résistance thermique de 5 m<sup>2</sup>.K/W.
- **Isolation thermique et acoustique** : En plus de ses propriétés thermiques, l'aérogel de silice offre également une isolation acoustique efficace.
- **Propriétés hydrophobes** : Les aérogels de silice sont souvent traités pour être hydrophobes, ce qui les rend résistants à l'humidité. (M-Habitat. (s.d.)

**Applications :**

- **Rénovation de bâtiments patrimoniaux** : L'aérogel de silice est idéal pour les rénovations où l'espace est limité, comme dans le cas de l'Empire State Building. (Chatelot, P. 2024)
- **Constructions neuves haute performance** : Il est également utilisé dans les constructions neuves pour optimiser la surface habitable tout en atteignant des standards énergétiques élevés. (Chatelot, P. 2024).

**Fenêtres :**

Les fenêtres participent activement au confort thermique en assurant à la fois l'apport de lumière naturelle, la ventilation, et la régulation des échanges thermiques. Leur conception (orientation, dimensions, choix du vitrage) influence directement la performance énergétique du bâtiment.

Grâce aux avancées technologiques (vitrages à faible émissivité, triple vitrage, contrôle solaire...), il est possible de limiter les pertes de chaleur en hiver, d'éviter la surchauffe en été, et d'optimiser les apports solaires passifs, tout en améliorant le confort intérieur.

Types de vitrage pour l'amélioration du confort thermique

- **Vitrage simple :**

- Le vitrage simple est composé d'une seule couche de verre. Il est économique mais offre une isolation thermique et acoustique minimale.

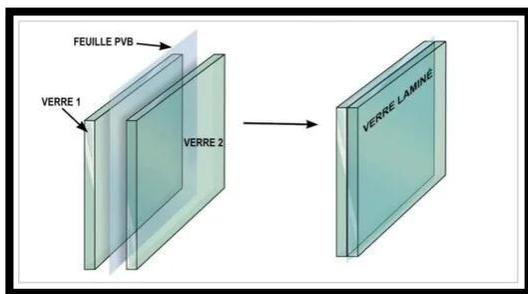


FIGURE 29 VERRE LAMINE , SOURCE: [HTTPS://IGPGLASS.CA/](https://igpglass.ca/)

TABLEAU 4 CARACTERISTIQUE DES DIFFERENTES TYPES DE VITRAGE. SOURCE: [HTTPS://WWW.CONSTRUCTOR.NET.AU/](https://www.constructor.net.au/)

| Type de vitrage              | Uw (W/m².K) approximatif |
|------------------------------|--------------------------|
| Simple vitrage               | ~5,8                     |
| Double vitrage               | ~2,8 – 1,6               |
| Double vitrage Low-E + argon | ~1,1 – 1,3               |
| Triple vitrage               | ~0,6 – 0,8               |

**Vitrage double :**

- Le vitrage double (aussi connu sous le nom d'unités d'isolation vitrée ou IGUs) comprend deux couches de verre séparées par un espace rempli d'air ou de gaz inertes comme l'argon. Ce type de vitrage réduit significativement le transfert de chaleur, améliorant ainsi le confort thermique.

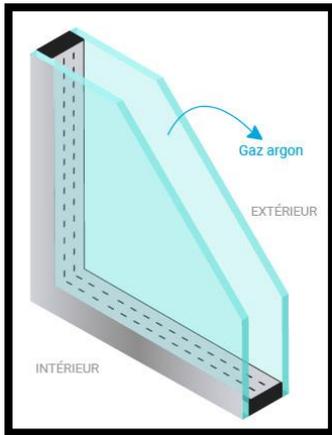


FIGURE 30 VITRAGE DOUBLE, SOURCE: [HTTPS://WWW.GLASSFONSTER.FR/](https://www.glassfonster.fr/)

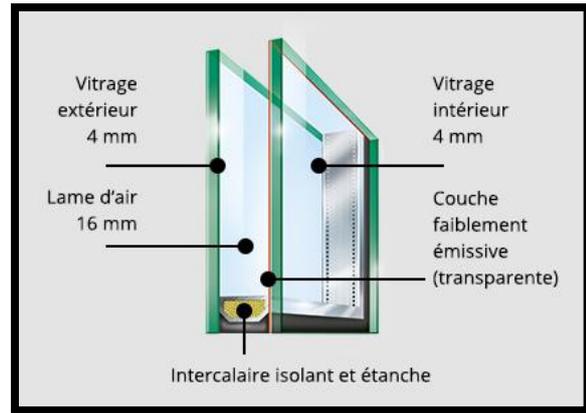


FIGURE 31 DOUBLE VITRAGE AVEC GAZ ARGON, SOURCE: [HTTPS://WWW.FENETRE24.COM/](https://www.fenetre24.com/)

- **Vitrage triple :**

- Le vitrage triple est similaire au vitrage double mais comprend trois couches de verre avec deux espaces isolants. Il offre une isolation thermique encore meilleure et est idéal pour les climats froids où la réduction des pertes de chaleur est cruciale.

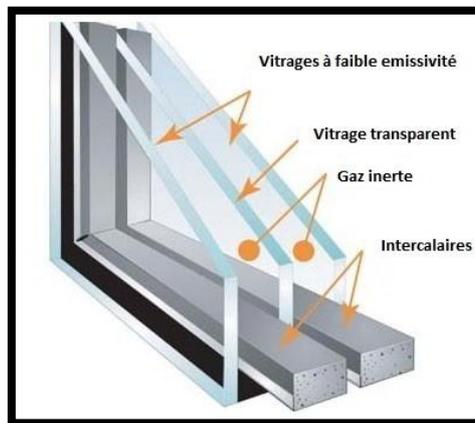


FIGURE 32 LE TRIPLE VITRAGE , SOURCE: [HTTPS://CONSEILS-THERMIQUES.ORG/](https://conseils-thermiques.org/) .

II. *Elément horizontal :*

**Toiture**

La toiture est l'une des surfaces les plus exposées aux pertes de chaleur en hiver et aux gains solaires en été. D'après l'Ademe (agence de la transition énergétique), 25 à 30 % des déperditions thermiques se font par le toit. Elle joue donc un rôle fondamental dans la performance thermique globale du bâtiment.

**Type de forme de toiture:** Dans le tableau ci-dessous on explique les différents types de toiture :

TABLEAU 5 DIFFERENTES TYPES DE TOITURE. SOURCE: AUTEUR

| Type de Toiture   | Avantages   | Référence  |
|---|---|--|
| <b>Toiture végétalisée</b>                                    | Excellente isolation thermique<br>Réduction des îlots de chaleur urbains<br>Gestion des eaux pluviales<br>Amélioration de la qualité de l'air | "The Green Roof Manual: A Professional Guide to Design, Installation, and Maintenance" (Snodgrass, McIntyre, 2010) |
| <b>Toiture en pente (2 ou 4 pentes)</b>                       | -Gestion des gains solaires<br>Gestion de l'eau de pluie<br>esthétique traditionnelle   | "Solar Architecture: How to Design with Solar Principles" (Schumacher, 2009)                                       |
| <b>Toiture à double courbure (géodésique)</b>                 | - Efficacité thermique et résistance mécanique<br>- Espaces intérieurs maximisés<br>- Esthétique moderne et durable                           | "The Geodesic Dome: A Pictorial History" (Wright, 2012)  |
| <b>Toiture à faible pente avec panneaux solaires intégrés</b> | - Production d'énergie renouvelable<br>- Esthétique discrète<br>- Durabilité et optimisation énergétique                                      | "Photovoltaic Systems: Design and Installation" (Altman, 2004)   |

TABLEAU 6 MATERIAUX ET TECHNOLOGIES INNOVANTES POUR LES TOITURES ( SOURCE : AUTEUR)

**Foamglas®** : Isolation en mousse de verre, offre une résistance thermique élevée et une étanchéité à l'eau.

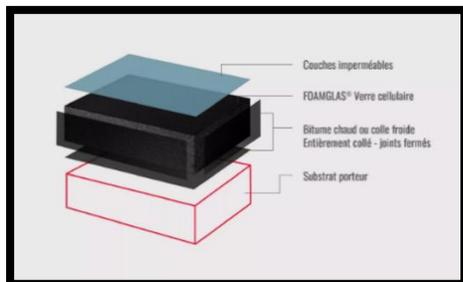


FIGURE 33 FOAMGLAS . SOURCE: [HTTPS://WWW.ROOFLAND.COM/](https://www.roofland.com/)

**Bauder Eco** : Isolation en polyuréthane équilibré en biomasse, offre une isolation thermique maximale avec une épaisseur réduite. (Roofland. (n.d.).

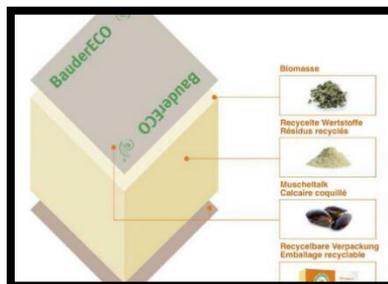


FIGURE 34 ISOLATION ECOLOGIQUE ET ULTRA-PERFORMANTE POUR TOITURES. SOURCE: [HTTPS://WWW.ROOFLAND.COM/](https://www.roofland.com/)

**Toitures solaires** : Intégration de panneaux photovoltaïques pour produire de l'énergie renouvelable.



FIGURE 35 SYSTEMES DE TOITURE , SOURCE: [HTTPS://WWW.SIKA.COM/](https://www.sika.com/)

### III. Orientation du bâtiment :

L'orientation représente une étape clé dans la recherche d'un confort thermique et visuel passif. Une orientation bien pensée optimise l'inertie thermique du bâtiment, réduisant ainsi les besoins en chauffage et en climatisation, tout en tirant parti des apports gratuits de la lumière naturelle et de la ventilation naturelle. **Université de Pau et des Pays de l'Adour. (n.d.).**

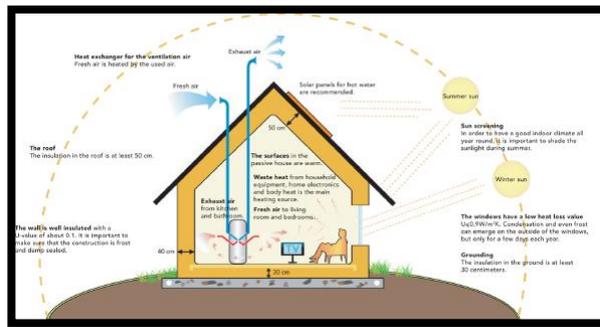


FIGURE 37 GUIDE DE LA MOBILITE INTERNATIONALE . SOURCE: [HTTPS://RI.UNIV-PAU.FR/](https://ri.univ-pau.fr/)

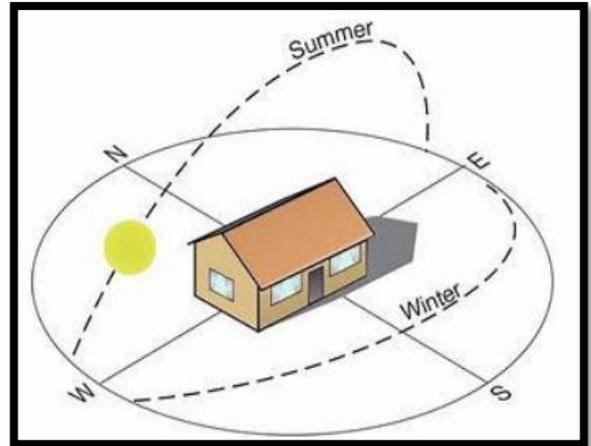


FIGURE 36 ORIENTATION DU BATIMENT

Voici comment l'orientation peut être optimisée pour améliorer la performance de l'enveloppe

#### 1. Orientation pour les besoins thermiques

**Gain solaire hivernal :** Orienter le bâtiment de manière à maximiser le gain solaire en hiver peut réduire la dépendance aux systèmes de chauffage. Les façades sud sont idéales pour capturer les rayons du soleil hivernal.

**Protection contre la chaleur estivale :** En revanche, en été, il est important de minimiser les gains solaires pour éviter les surchauffes. Les façades nord sont moins exposées aux rayons directs du soleil et peuvent ainsi réduire les besoins en climatisation

#### 2. Orientation pour les besoins visuels

**Connectivité visuelle :** L'orientation du bâtiment peut être utilisée pour optimiser la connectivité visuelle avec l'environnement extérieur. Par exemple, des espaces de vie orientés vers des vues agréables peuvent améliorer le confort des occupants.

**Gestion des éblouissements :** Une orientation judicieuse peut également réduire les risques d'éblouissement causés par les rayons du soleil couchant, qui sont particulièrement intenses.

### 3. Orientation pour la ventilation

**Ventilation naturelle** : L'orientation du bâtiment par rapport aux directions des vents dominants peut favoriser la ventilation naturelle. En plaçant les ouvertures perpendiculairement aux vents, on peut maximiser le renouvellement de l'air intérieur.

**Ventilation croisée** : Dans les climats chauds, une ventilation croisée peut être particulièrement efficace pour refroidir les espaces intérieurs sans recourir à la climatisation. (Banu, H. (2023))

TABLEAU 7 COMPARAISON ENTRE LES DIFFERENTES ORIENTATIONS ( SOURCE : AUTEUR)

| Orientation  | Avantages   | Inconvénients   |
|--------------|---|---|
| <b>Sud</b>   | Maximise le gain solaire en hiver, réduit les besoins en chauffage      | Risque de surchauffe en été si pas suffisamment ombragé             |
| <b>Nord</b>  | Minimise les gains solaires en été, réduit les besoins en climatisation | Moins de lumière naturelle, nécessite une bonne isolation thermique |
| <b>Est</b>   | Bonne lumière matinale, peut être utile pour certaines activités        | Risque d'éblouissement matinal, surchauffe possible en été          |
| <b>Ouest</b> | Bonne lumière tardive, peut être utile pour certaines activités         | Risque d'éblouissement en soirée, surchauffe possible en été        |

#### IV. Protection solaire et redirection de la lumière du soleil :

##### 1. Protection solaire

**La protection solaire est essentielle pour éviter les surchauffes en été tout en maximisant les gains solaires en hiver. Voici quelques solutions couramment utilisées :**

- Volets et stores : Les volets et stores peuvent être ajustés pour bloquer les rayons directs du soleil en été et laisser passer la lumière en hiver. Ils sont particulièrement efficaces pour les façades sud et ouest.
- Brise-soleil : Les brise-soleil sont des éléments architecturaux fixes ou mobiles qui bloquent les rayons du soleil tout en laissant passer la lumière diffuse. Ils sont souvent utilisés pour les façades sud et est.
- Fenêtres à faible émissivité (Low-E) : Ces fenêtres sont équipées d'un revêtement mince qui réfléchit la lumière infrarouge tout en laissant passer la lumière visible. Elles réduisent ainsi les gains de chaleur en été et les pertes de chaleur en hiver. **(European Solar Shading Organization. (2018))**

## 2. Redirection de la lumière du soleil

La redirection de la lumière du soleil permet d'optimiser l'utilisation de la lumière naturelle tout en réduisant les besoins en éclairage artificiel (**pour les expérience et résultat voir tableau 2 dans les annexes**). Voici quelques technologies innovantes :

- Réseaux de miroirs de redirection : Des réseaux de miroirs très proches avec des segments de miroirs longitudinaux peuvent être utilisés pour rediriger la lumière du soleil dans une direction fixe. Ces systèmes peuvent être ajustés pour maximiser la redirection des rayons de lumière du soleil dans une direction souhaitée.
- Feuilles prismatiques : Des feuilles prismatiques peuvent être positionnées derrière des réseaux de miroirs pour rediriger la lumière dans une direction fixe. Ces feuilles sont particulièrement efficaces pour les bâtiments avec des orientations variables.
- Héliostats : Les héliostats sont des dispositifs qui suivent le soleil et redirigent sa lumière vers des points fixes. Ils peuvent être utilisés pour illuminer les espaces intérieurs avec de la lumière naturelle, réduisant ainsi les besoins en éclairage artificiel. (. (**European Solar Shading Organization. (2018)**)

## Partie urbaine et architectural :

### 2.7. Introduction :

Dans cette section, nous analyserons et tenterons de comprendre un ensemble de notions liées à la problématique urbaine, en mettant en évidence certains points clés susceptibles de contribuer à l'élaboration de notre projet et d'enrichir la valeur ajoutée qu'il apportera au tissu urbain.

### 2.8. Changement de vocation dans le tissu urbain :

Le concept du changement de vocation dans le tissu urbain fait référence à la transformation des espaces urbains pour accueillir de nouvelles fonctions et de nouveaux usages, notamment en réponse à l'évolution des contextes sociaux, économiques et environnementaux ((Hamaina, R., Leduc, T., & Moreau, G. (2012)). Ce changement implique souvent de réimaginer des zones traditionnellement destinées à des fins spécifiques, telles que des zones industrielles ou commerciales, en des développements à usage mixte qui intègrent des fonctions résidentielles, productives et récréatives. Ce changement est primordiale dans la vie dynamique de l'être humaine mais c'est mutation pouvant être faite en différente manière avec différent résultat, dans l'article de **Mona Saleh El-Basha (2021)**, l'auteur donne la manière préférable de changement de vocation ou elle a mise en valeur l'importance de la préservation d'héritage de

tissu urbaine et la culture qui le compose par la citation suivante dans lequel elle donne une comparaison entre le changement de vocation correct et incorrect. (*The Role of Bioenergy in the Bioeconomy, 2019*)

### **2.9. La définition de revitalisation:**

Le terme revitalisation signifie un mot féminin qui correspond à l'action de de revitaliser (CNRTL), *ce dernier a un sens de redonner une vitalité à un organisme ou un tissu organique, donner un nouveau souffle à une entreprise, un projet ou une organisation.* (EDUCALINGO. (n.d.).

#### *2.9.1. Revitalisation urbaine :*

Revitalisation urbaine représente un volet fluorescent dans l'urbanisme contemporaine, ce dernier vise à réparer des zones urbanisées en déclin ou en friche, cette revitalisation est faite par la mise en place des projets axes vers l'amélioration du cadre de vie, la valorisation du patrimoine et la stimulation économique et sociale.

#### *2.9.2. Les facteurs de revitalisation urbaine :*

Le facteur socio-économique joue un rôle crucial dans la revitalisation, en visant la réduction de la pauvreté, l'amélioration de l'emploi et l'émergence de la classe moyenne. La pauvreté et le chômage étant souvent responsables de la dégradation des quartiers, l'augmentation de l'emploi et du pouvoir d'achat favorise fortement la revitalisation. (Guiderenovation.fr. (n.d.).

#### *2.9.3. Les facteurs de l'environnement :*

L'environnement est un facteur clé de la revitalisation, incluant la dépollution des sols, la réhabilitation des espaces verts et des projets écologiques. Ces actions, au-delà du respect de l'éthique environnementale, améliorent le cadre de vie et attirent de nouveaux habitants et investisseurs.

#### *2.9.4. Les facteurs culturels :*

Le facteur culturel, fréquemment oublié, est d'un accent crucial dans la revitalisation urbaine. Il se fait passer par la valorisation du patrimoine culturel et historique, des endroits tels que les musées, théâtres et écoles d'art qui, si bien intégrés, attirent de nouveaux résidents et stimulent la vie locale. En résumé, la revitalisation urbaine oblige un regard d'ensemble tenant compte des facteurs socio-économiques, environnementaux, architecturaux et culturels pour réinventer un quartier en un espace d'attrait, en vie et sécurisé. (Guiderenovation.fr. (n.d.).

### 2.9.5. *La Relation entre la revitalisation et l'architecture :*

- Préservation et rénovation du patrimoine : L'architecture joue un rôle crucial dans la revitalisation urbaine en préservant les bâtiments historiques et en les rénovant pour les adapter aux besoins modernes.
- Création d'espaces publics attractifs : Les architectes conçoivent des espaces publics qui favorisent les interactions sociales et améliorent la qualité de vie
- Adaptive reuse : Ce concept consiste à réutiliser des bâtiments existants pour de nouvelles fonctions.

### 2.9.6. *La Relation entre la revitalisation et les centres de loisir :*

- **Transformation des espaces** : Les centres de loisir peuvent être un élément clé de la revitalisation urbaine en transformant des zones délaissées en destinations attractives.
- **Activation des quartiers** : Les centres de loisir peuvent attirer des visiteurs et stimuler l'économie locale. Leur présence peut également améliorer la sécurité et l'ambiance des quartiers environnants.
- **Intégration dans la trame urbaine** : Les centres de loisir peuvent être conçus pour s'intégrer harmonieusement dans le tissu urbain existant.(Friel. (2023)

En résumé, la revitalisation urbaine implique une collaboration étroite entre l'architecture et les centres de loisir pour créer des espaces vivants, durables et attractifs. Les bâtiments historiques sont rénovés et réutilisés, tandis que les centres de loisir sont conçus pour répondre aux besoins des communautés et stimuler le développement économique et social.

## 2.10. Définition des termes d'attractivité :

L'attractivité est la capacité d'un lieu, personne ou une chose à attirer ou à susciter l'intérêt et l'attention, l'attractivité peut être mesurée par la popularité, qualité, valeur économique et la beauté (Le Dictionnaire. (n.d.).

### 2.10.1. *la relation entre l'architecture et l'attraction :*

les projets architecturaux remarquables visant l'attractivité. Cette idéologie de construire les espaces urbains marquants ou dans ce créaient (wow architecture). Cette façon de concevoir peut inclure des aspects culturels et historiques, économiques de territoire. (Abauzit-Gossez, M. (2012).

### 2.10.2 *comment avoir l'attractivité urbaine :*

Parmi les objectifs d'attractivité de territoire est de pousser et booster la consommation. Cette politique peut être réalisée par la mise en place des espaces urbains d'offres (des loisirs à la

culture et des différents activités commerciales) pour attraper les flux des touristes et visiteurs et d'en attirer de nouveaux. (Blais, J.-P. (Ed.). (2009).). Et ce point est également mis en évidence par David Harvey quand il a dit : « Les villes qui autrefois cherchaient à se vendre en tant que lieux de production se vendent maintenant comme lieux de consommation ». Soulignant l'importance du passage des villes industrielles à la promotion des villes de consommation.

### 2.11. Le concept d'identité :

Le mot identité a une multitude d'explications selon les différentes disciplines et sciences. Par exemple dans la philosophie le terme identité fait référence à la nature et la manifestation et type physicalisme de l'existence, ce terme peut être définie comme une somme des signes et caractéristiques d'un groupe ou une population ou culture que l'on fait marquer des autres groupes donc il s'agit d'une expression de solidarité, unité et intégrité. (Berahman, S. (2013).

#### 2.11.1 la relation entre Identité et Architecture :

L'architecture est un réceptacle qui contient les messages, concepts, caractéristiques attribués de la communauté de sa mise en place, cette configuration de l'espace dépend de la géographie, la tradition, les manières, la connaissance et l'histoire d'une communauté. Selon Rappaport L'identité est la capacité de distinguer et d'identifier un élément d'un autre. Cette caractéristique peut être des caractéristiques physiques telles que la forme, la taille, la décoration, le style de construction il peut aussi agir des activités ou de pratiques spécifiques dans l'environnement.

#### 2.11.2. Les principales caractéristiques de l'identité architecturale:

L'espace architectural : la création de l'espace architectural avec un aspect d'identité dépend de plusieurs facteurs et peut être exprimé des manières différentes lequel :

- L'organisation spatiale : Ce terme réfère à la façon d'arranger les espaces au contact l'un avec l'autre, ces espaces peuvent être appréciés différemment tout dépend de la culture d'individuel ou groupe, ce concept a une importance cruciale pour l'efficacité opérationnelle de projet, la sécurité mais effectivement il peut affecter la fonctionnalité, l'esthétique et l'expérience des usagers.
- Organisation de temps : l'architecture a connu un développement continu durant les siècles donc l'organisation spatiale est un élément essentiel qui peut être utilisé pour comprendre et contextualiser le développement d'architecture à travers différentes cultures et périodes, autrement dit l'architecture et le bâti est une pièce d'art dans un contexte conditionné par les caractéristiques culturelles et géographiques à un moment

donnés et pouvoir préserver son identité selon les mutations physique de tissu urbaine et sociaux de la communauté.

- Organisation sémantique: ce qui indique que la partagée peut-être définie comme des symboles culturels des idées collectives d'un groupe.

Principes généraux de conception: une présentation physique des idées des concepteurs par des éléments qui font l'intégration de l'espace architectural.

- Les formes : La forme d'un projet est un utile et la façon d'exprimer de la culture de l'espace et aboutir vers une construction identitaire dans l'architecture contemporaine.
- Matériaux de construction: Les matériaux jouent un rôle essentiel dans la compréhension de l'espace et de l'architecture, définissant la dureté, la souplesse et la texture d'un objet donné. Chaque matériau possède des propriétés différentes. Les matériaux utilisés reflètent les croyances, la religion et la culture d'une époque. Par exemple, le bois et la brique sont des symboles de mortalité, tandis que les matériaux durables comme la pierre représentent la stabilité et la résistance, notamment pour les palais royaux. Les matériaux ont également des significations symboliques au-delà de la décoration. Les matériaux, traditionnels ou modernes, contribuent à forger l'identité d'un espace et permettent aux utilisateurs de se connecter à l'architecture. **Pour résumer (Les matériaux de construction ne se limitent pas à leur surface : ils possèdent également des qualités telles que la rugosité, la douceur, la transparence, la stabilité et la pureté, qui revêtent des significations différentes selon leur utilisation. La compréhension et l'application pertinente de ces qualités sémantiques sont primordiales pour créer une identité architecturale) .**
- Relations avec le contexte : La construction d'un bâtiment a un impact direct sur son environnement, et la relation entre une structure et son environnement guide la conception architecturale. L'harmonie entre le design et le cadre naturel, avec une intervention minimale, est essentielle pour créer des œuvres identitaires. Ces facteurs peuvent donner naissance à une architecture en phase avec les tendances modernes tout en reflétant les caractéristiques uniques de sa culture et de son emplacement.

### Partie 3 : Recherche thématique :

#### 2.12. Qu'est-ce qu'un centre de loisir?

Un centre de loisirs est un espace dédié aux enfants, de la petite enfance à l'adolescence, offrant des activités éducatives et ludiques encadrées par des animateurs qualifiés. Contrairement à une garderie, il vise à développer les compétences personnelles, sociales et physiques des enfants. Ces centres, souvent gérés par des municipalités, associations ou entreprises privées, respectent des normes strictes pour assurer leur sécurité et leur bien-être. (Animyjob. (2024)

##### 2.12.1.les objectives des centres de loisirs:

- Encourager la socialisation en apprenant aux enfants à partager et à vivre ensemble.
- Stimuler la créativité à travers des activités artistiques et des ateliers.
- Favoriser l'autonomie en incitant les jeunes à prendre des initiatives et des responsabilités.
- Promouvoir l'activité physique grâce aux sports et activités de plein air.

##### 2.12.2. Type de loisir :

**Loisir active :** Un type de loisir qui implique une certaine quantité d'effort physique comme les activités sportives, la récréation et le voyage.

**Loisir passive :** Ce type implique la relaxation et les activités qui ne nécessitent pas d'effort physique ou mental. Par exemple :(musique, coloriage, lecture, jeux vidéo)

**Loisir créatif:** Un type de loisir qui implique la production artistique. Par exemple : (pâtisserie, calligraphie, poterie, dessin, sculpture, travail du bois, chant, cuisine, danse)

**Loisir Social :** Correspond an les événements sociaux et culturelle. Par exemple (clubs de lecture, jeux de cartes, fêtes, célébrations, concerts, rencontres)

**Loisir culturel :** Correspond à l'exposition d'art et l'site historique et l'activité culturelle d'une région par exemple (théâtre, opéra, voyages, événements culturels, musées d'histoire, sites architecturaux)

**Loisir naturel :** Correspond activités a plein d'air et les activités en relation avec les autres êtres vivants comme les animaux et les plantes. Par exemple (aquariums, pêche, plongée sous-marine, zoos, camping, escalade).

**Loisir éducatif** : Correspond à une activité avec la mise en valeur à l'aspect éducatif. Par exemple (échecs, astronomie, archéologie, lecture, bénévolat, ateliers) ( Spacey, J. (2024, ).

### 2.13. Méthodologie d'analyse des exemples :

Les centres combinant des activités de loisir ludique (karting, trampoline, VR gaming, paintball, etc.) et conçus par des architectes célèbres restent moins courants, car ces types de structures sont généralement optimisés pour leur fonctionnalité et leur efficacité plutôt que pour leur conception architecturale. Cependant, voici une liste d'établissements mondialement reconnus qui intègrent des activités de loisirs modernes (même si les activités spécifiques peuvent varier) ou qui se distinguent par leur architecture

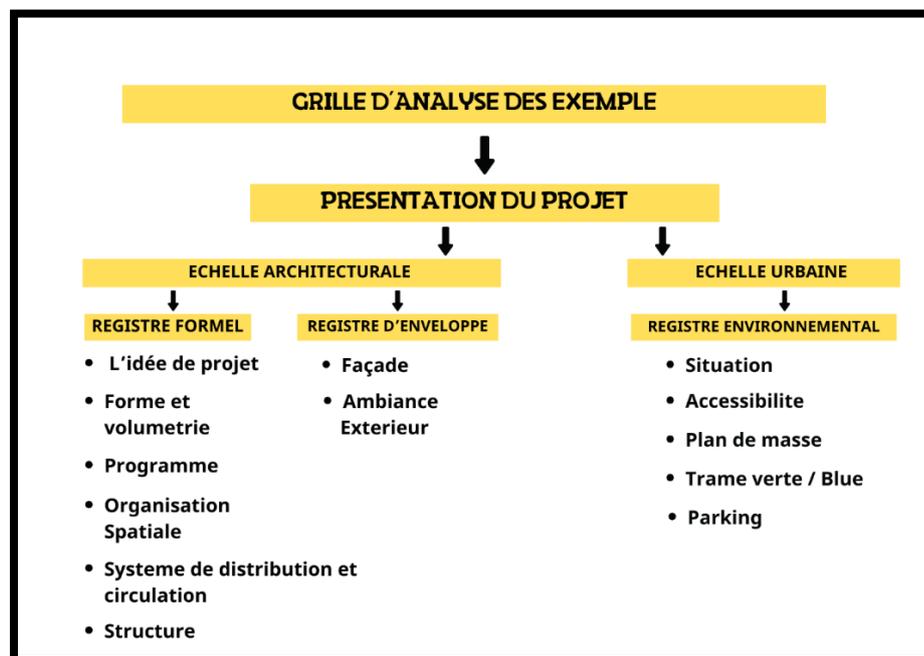


FIGURE 38 UN SCHEMA QUI REPRESENTE LA METHODOLOGIE DE TRAVAIL SOURCE: (AUTOUR)

2.14. Les projets analysés

TABLEAU 8 FICHE TECHNIQUE DES PROJETS ANALYSE ( SOURCE : AUTEUR)

|  <p><b>Park Mall</b></p>   |  <p><b>Le Centre Commercial et de Loisirs de Bab Ezzouar</b></p>   |  <p><b>Le part dieu</b></p>   |  <p><b>SELBY LEISURE CENTRE</b></p>  |
|---|--|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>Presentation du projet</b></p>  |  |  |   |
| <p><b>Nom :</b> Park mall<br/> <b>Fonction:</b> centre d'affaires de et commerce et de loisir<br/> <b>Bureau d'étude :</b> Arte charpentier<br/> <b>Maître de l'ouvrage :</b> la société Prombati de l'industriel Rachid Khenfri<br/> <b>Le cout:</b> 120 millions d'euros<br/> <b>Durée des travaux :</b> 3ans<br/> <b>Réalisation :</b> groupe turc Kayi International<br/> <b>Situation :</b> Sétif, Algérie</p> | <p><b>Nom :</b> Le Centre Commercial et de Loisirs de Bab Ezzouar<br/> <b>Fonction :</b> Le Centre Commercial et de Loisirs<br/> <b>Bureau d'étude :</b> BEG Ingénierie<br/> <b>Maître de l'ouvrage :</b> Société des centres commerciaux d'Algérie<br/> <b>Le cout:</b> 70 millions d'euros<br/> <b>Durée des travaux :</b> 3 ans<br/> <b>Réalisation :</b> China State construction<br/> <b>Situation :</b> Algér, Algérie</p> | <p><b>L'emplacement :</b> part dieu, 3<sup>e</sup> arrondissement de Lyon<br/> <b>Date de réalisation:</b> 1975<br/> <b>gère par:</b> Rodamco Europe<br/> <b>Superficie commerciale :</b> 110000m<sup>2</sup><br/> <b>Nombre de niveaux :</b> R+5 (petit niveau souterrain l' accès par le métro)</p>  | <p><b>Nom :</b> SELBY LEISURE CENTRE<br/> <b>Fonction :</b> Le Centre de Loisirs<br/> <b>Bureau d'étude :</b> Bradshaw Gass &amp; Hope<br/> <b>Maître de l'ouvrage :</b> Selby District Council<br/> <b>Le cout :</b> £7.3 million<br/> <b>Durée des travaux :</b> 57 semaines<br/> <b>Réalisation :</b> aarslef<br/> <b>Situation :</b> selby, royaume uni</p> |
| <p style="text-align: center;"><b>Critères de choix</b></p>   |  |  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• C'est le premier grand complexe (de commerce et de l'affaires) du pays et deuxième du Maghreb après celui de Casablanca</li> <li>• Forme géométrique intéressante</li> <li>• Taille et hauteur importante et dominante</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• la surface grande et la multifonctionnalité peut donner un idée pour la création d'une relation entre les différentes vocations</li> <li>• Taille et hauteur importante et dominante</li> <li>• Forme géométrique simple</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leurs façade principale moderne et accueillante , animée et vitrée, se qui attire les regards des visiteurs .</li> <li>• Son emplacements dans un milieu terrain</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• la vocation de loisirs est imposante, Elle peut alimenter le recherche thématique et enrichir le projet</li> <li>• ce projet a une surface équivalent de notre aire d'étude</li> <li>• ce projet a été conçu pour être efficace et écologique selon la considération de durabilité</li> </ul>                          |
| <p style="text-align: center;"><b>Caractéristiques</b></p>  |  |  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• un lieu phare pour le commerce et les loisirs.</li> <li>• L'émergence du bâtiment (plus de 85 mètres), ce qui en fait un repère visuel important dans le centre-ville de Sétif.</li> <li>• En plus des magasins et des restaurants, le Park Mall dispose de vastes espaces de loisirs pour divertir toute la famille</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• la relation importante avec le site</li> <li>• le traitement de façade simple mais significative</li> <li>• L'émergence du bâtiment de R+8 avec différente vocation superposée</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>La lumière :</b></li> <li>• d'abord le ciel vous salue par les verrières - ils invitent partout au travers de 2800 m<sup>2</sup> de vitres</li> <li>• c'est joli, agréable et accueillant : on se balade, on lève les yeux vers le ciel - et hop, on sait tout de suites s'il fait beau - on profite de la lumière naturelle adoucie pare-soleil</li> <li>• <b>Son caractere:</b> Sa personnalité est unique ... Bois clair , sol de marbre, jeux de transparence et de lumière , métal verdure... C'est simple , il est dans l'air du temps . Au cœur de Lyon , son cœur bat au rythme d'aujourd'hui</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• la façade vitrée avec les modifications pour donner un aspect écologique de projet</li> <li>• l'abondance des activités de loisirs</li> <li>• l'utilisation des nouveaux matériaux dans la construction pour assurer le confort</li> </ul>   |

## Park Mall

### Echelle Urbaine

#### situation

- Le Park Mall se situe dans le centre-ville de Sétif, il donne sur la wilaya et l'ancienne avenue de valeur historique (avenue l'ALN).
- Il se situe dans un point stratégique à Sétif près de la rue 08 mai 1945 la rue la plus importante de la ville



#### Accessibilité

Le projet est accessible à partir de la rue du 08 novembre et la rue de l'ALN.  
 L'accès du Park est tellement bien marqué par un élément métallique d'une couleur rouge cela permet aux visiteurs la bonne distinction de l'entrée.



- Accès et sortie des voitures
- Entree de parking
- Accès hôtel et centre d'affaires
- Rue de 08 Novembre
- rue de l'ALN
- Rue de 08 mai 1945

#### Plan de masse

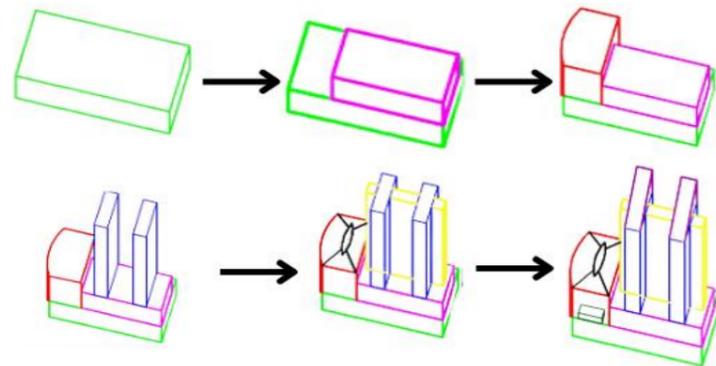
- Le projet se compose de plusieurs blocs : un centre commercial de R+2 ; un hôtel de 17 étages; un centre d'affaires de 18 étages et une salle de conférence sous forme de coupole sous laquelle se trouve l'entrée du parking de 5 étages sous sol.
- on distingue l'absence de la trame verte



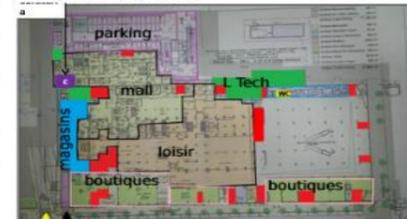
- Salle de conférence
- Bureaux
- Hotel Mariot
- Centre Commerciale
- Accès Hotel
- Accès Centre d'affaires
- Accès Centre Commerciale

### Echelle Architecturale

#### Idee du projet et volumetrie

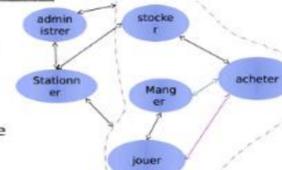


#### Programme et Distribution

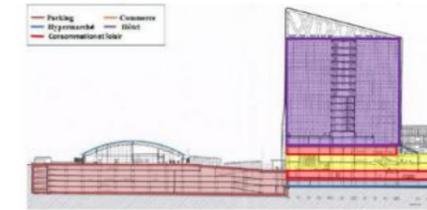


Entree des camions Entree parking pour administration

- Relation forte
- Relation moyenne
- Relation faible



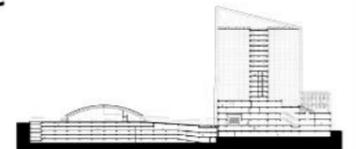
#### Organisation Spatiale



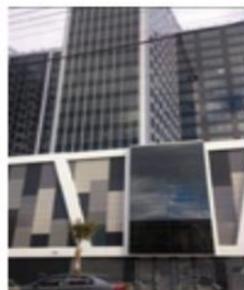
Les activités dans le Park Mall sont compartimentées en trois catégories, le stationnement, le commerce, la détente. Ce regroupement est fait par étages, dont les niveaux sous-sols sont réservés au stationnement et au commerce, par contre dans le RDC et le 1er étage, on trouve le commerce de luxe, tandis que le dernier niveau est réservé pour la détente, par les différents jeux.

#### Structure

Trame de 5\*5 structure mixte entre béton armé et la charpente métallique



#### Facade



Il est caractérisé par la transparence en générale



- La couleur rouge pour le contraste entre les deux couleurs blanc et gris
- le décrochement aussi pour faire un jeu de volume
- Marquage de l'entrée par
- la couleur et le jeu de volume



Différence de hauteur



- Les deux tours sont symétriques sur l'axe de l'ascenseur

#### Ambiance extérieures

En ce qui concerne le contrôle de l'environnement le Park Mall est bien éclairé par l'usage de la multiplicité des ouvertures et les façades vitrées ce qui donne des espaces non agressifs par le sombre



Environnement

Forme

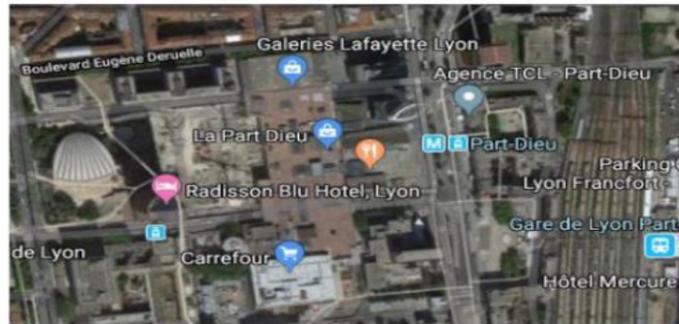
Enveloppe

## Le part dieu

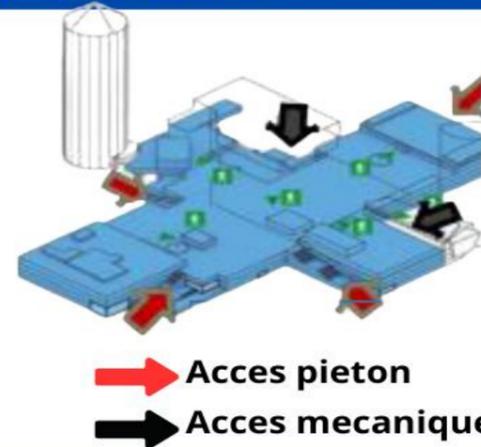
### Echelle Urbaine

Environnement

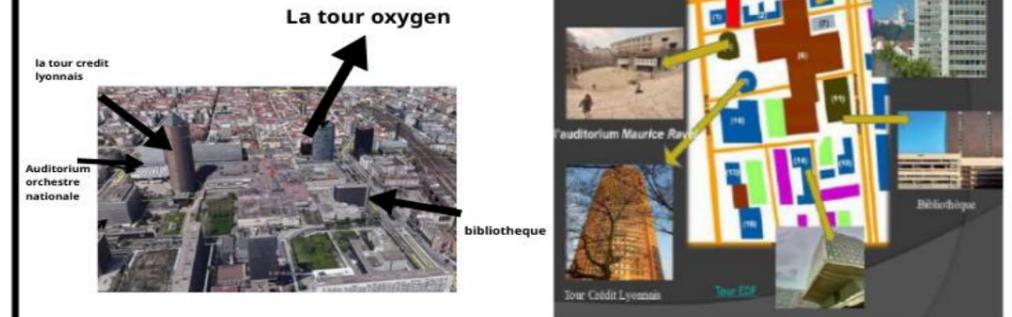
#### situation



#### Accessibilité



#### Plan de masse



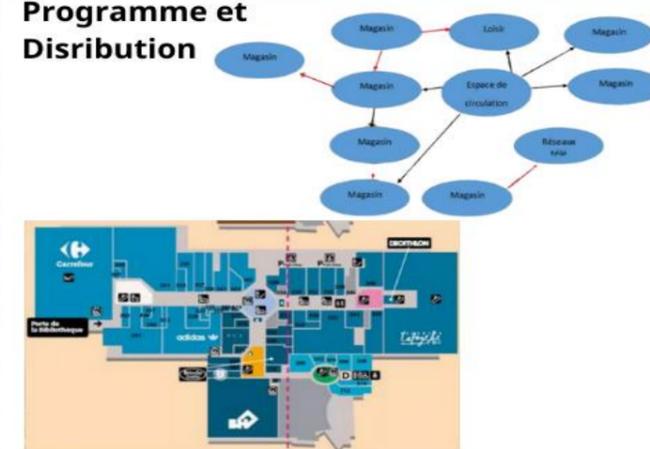
Forme

#### Idee du projet et volumetrie

Ensemble de parallélépipèdes de différentes démentions regroupé un volume simple mais symbolique

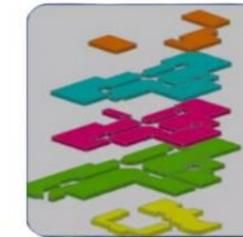


#### Programme et Disribution



#### Organisation Spatiale

|   |              |
|---|--------------|
| Réseau téléphonique loisir  | 4 eme étage  |
| Les grands magasins + restauration  | 3 eme étage  |
| L'univers de la beauté  | 2 eme étage  |
| L'univers de la mode  | 1 er étage   |
| Distributeur de banque + bar et restaurant + stockage des marchandises + monoprix | RDC          |
| Pour l'accès par le métro   | Sous-terrain |



#### Structure

Structure mixte  
 La structure métallique : charpente métallique  
 La astructure en béton armé: un grand prisme de verre et d'acier en porte a faux  
 Le bois : on le trouve dans les escalier



Enveloppe

#### Facade

Grande prisme de verre d'acier en porte-à-faux se détache de la façade et marque ainsi son identité.  
 -prisme marquant l'entrée du centre, et par la proue de la tour qui abrite son entrée.  
 Un soin particulier a été apporté à la « 5eme façade, qui constitue la toiture paysagère du centre commercial.



#### Ambiance exterieurs



## Beb ezzaouar

### Echelle Urbaine

Environnement

Le centre commercial «Bâb Ezzouar» se situe dans la partie Est d'Alger dans le quartier d'affaire de « Bâb Ezzouar »  
 •Il est délimité au Nord-Ouest par l'hôtel Mercure ; Au Sud-Est par un terrain vierge destiné à un futur grand espace vert ; au Nord-Est par un projet dans la phase de construction destiné pour un futur palais de congrès ; au Sud-Ouest par un ensemble d'habitation

#### situation



#### Accessibilité



•Le centre commercial est accessible par trois voies mécaniques. Vue sa situation Stratégique, le projet est accessible aussi bien en voiture qu'en transports publics

#### Plan de masse

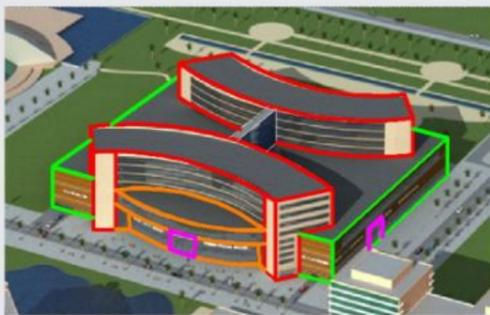
• Le projet occupe une position privilégiée de terrain ou en trouve un parc urbain qui offre de la zone verte et les aires de jeux pour enfants  
 • 2 parkings extérieurs, une pour chaque voie principale qui offre 6440m<sup>2</sup>+2500m<sup>2</sup>  
 le projet s'ouvre vers toutes les directions par 3 entrées piétonnes t, 4 entrées de service et une entrée de sous-sol



### Echelle Architecturale

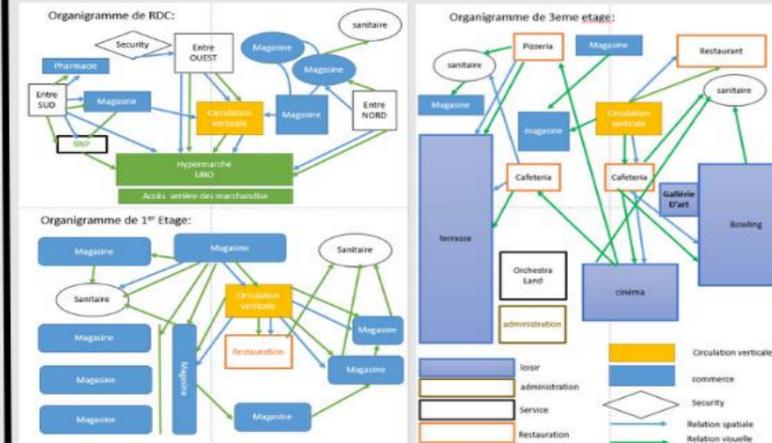
Forme

#### Idee du projet et volumetrie



Le centre commercial « Bâb Ezzouar » est assis sur un terrain de forme régulière, sa forme est rectangulaire d'environ 120m x 130m épousant ainsi celle du terrain. Il est le résultat de la composition de trois principaux volumes le parallépipède, deux segments d'arcs et une forme elliptique, ces volumes sont composés suivant un axe virtuel de symétrie

#### Programme et Disribution

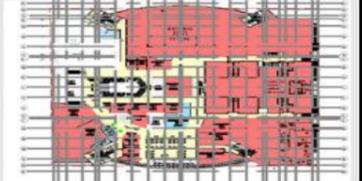


#### Organisation Spatiale



Le centre commercial compose de 4 activités mère superposée au on trouve :  
 2 étage pour le commerce  
 le 3<sup>e</sup> étage pour le loisir et un parti de commerce identifié par les restaurants et le service comme une gym  
 et 4-7<sup>e</sup> étage pour les espaces de bureau

#### Structure



L'organisation spatiale du centre est sous forme d'une trame régulière variant entre 7m et 8m de dimension, cette trame est la base d'un système structurel poteaux poutres qui donne plus de flexibilité en termes d'aménagement d'espace intérieur.

Enveloppe

#### Facade



Il est caractérisé par la transparence en generale



- un contraste de couleur ou on trouve la forme qui abrite la vocation de commerce en Maron claire et la vocation du bureau une couleur blanche
- Disposition d'une terrasse accessible dans la façade sud-ouest
- utilisation des différents types de vitrage pour chaque niveau et orientation
- Différence de hauteur
- l'utilisation de la plaque signalétique dans la façade comme un outil de marketing et décoration

#### Ambiance extérieurs



Une grande coupole de verre couronne le tout en assurant un éclairage naturel de large envergure qui dispense la lumière du jour dans un hall ouvrant sur des distributions périphériques.

## SELBY LEISURE CENTRE

### Echelle Urbaine

Environnement

#### situation

SELBY LEISURE CENTRE se situe dans Selby, un ancien district non métropolitain du Yorkshire du Nord, en Angleterre  
 les projets s'intègrent dans une tissu moins dense caractérisé par les espaces verts (forêts) au sud et ouest, mais à l'est de projets, on trouve un quartier de faible hauteur résidentiel



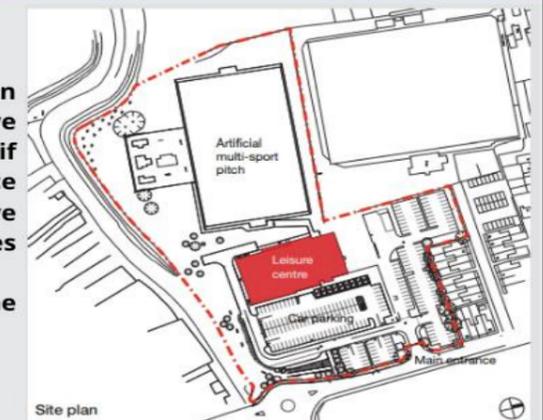
#### Accessibilité



• Le centre de loisirs est accessible par deux voies mécaniques : Richard RD, Scott RD pris d'une avenue importante A19 qui a des monuments et une richesse patrimoniale

#### Plan de masse

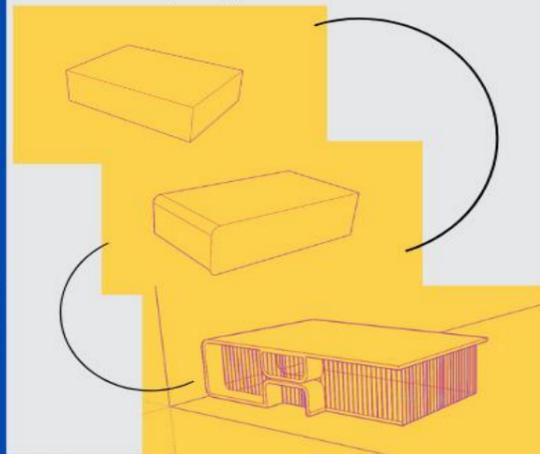
- Le projet occupe une position centrale de terrain ou en trouve un stade artificiel multisport juxtaposé avec un espace extérieur de skate et on trouve dans l'ouest cotée de l'IOT des espaces de stationnement
- 3 parkings extérieurs avec une superficie cumulée de 6000m<sup>2</sup>



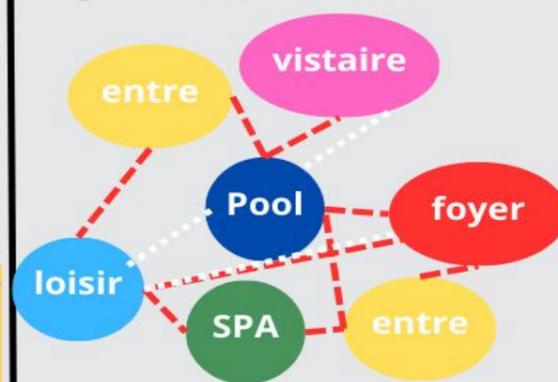
### Echelle Architecturale

Forme

#### Idee du projet et volumétrie



#### Programme et Distribution



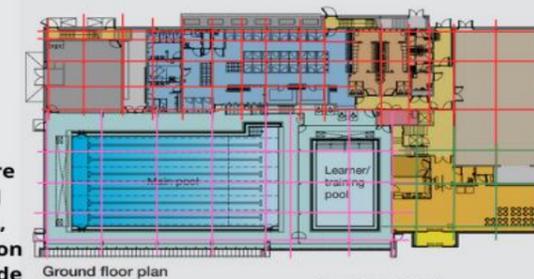
#### Organisation Spatiale

Le centre de loisirs se compose de 2 activités mère superposées au on trouve : que le RDC est divisé pour le commerce et le loisir et une piscine de 6 voie ,le 1<sup>er</sup> étage pour le loisir et un parti de service identifié par les spa et sauna et gym



#### Structure

Le projet utilise des différentes trames conformes au fonctionnement :  
 4x4 : les activités de surface petite (vestiaire humide et séché, hall d'activité, commerce, spa, sanitaire, circulation verticale, gym, espace de service, foyer)  
 4x12 : pour la piscine des enfants et espaces d'escalade  
 24x4 : piscine principale et tribune



Structure : métallique de 20x20 cm et 25x25 cm on section I  
 fondation: consiste de pieux on 16-17 metre de profondeur jusqu'à bon sol

Matériaux utilisés : La paroi extérieure du bâtiment présente des systèmes de vitrage avancés, comprenant du verre Planitherm Ultra N de 6 mm et du verre Cool-lite SKN 165 de 6 mm, combinés avec une paroi intérieure en laminate clair de 11,5 mm. Ce choix de matériaux contribue à l'efficacité énergétique du bâtiment, avec une valeur U de 1,1 W/m<sup>2</sup>K, indiquant une bonne isolation thermique

Enveloppe

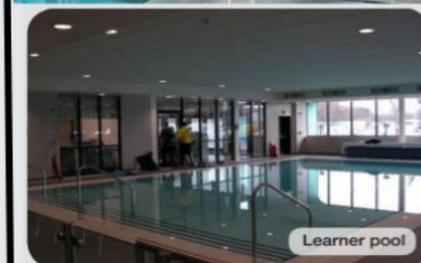
#### Facade



- Il est caractérisé par la transparence en générale
- l'horizontalité de facade et de projet
- Traitement de façade sculptural avec ombrage solaire (persiennes) pour la salle de piscine.
- l'utilisation de paroi extérieure qui suive la toiture on matériau isolant et Brillant au facade sud

#### Ambiance interieur

Le design intègre des mesures éco-énergétiques visant à réduire les coûts opérationnels et l'impact environnemental. Cela inclut des initiatives de rénovation futures potentielles dans le cadre de projets énergétiques communautaires en cours



#### General Description of Key Specifications and Materials

- Charpente en matériaux locaux: Glulam timber frame
- revêtement : Maçonnerie, Composite, Cuivre, Vitrage de mur-rideau
- Paroi: Maçonnerie de blocs de béton et enduit / plaques de plâtre et système de cloison vitrée sans cadre à double vitrage
- Revêtement de sol: Carrelage / bois sur ressort / moquette en dalles / revêtement de sol en vinyle.
- éclairage:
- Piscine : 300lux (Luminaire haute baie PL avec protection en verre IP54.)
- Vestiaire : 300lux Luminaire encastré en surface avec protection IP65.
- fitness suite : 300lux
- Activité : 500lux

2.15. Synthèse d'analyse des exemples :

TABLEAU 9 TABLEAU DE SYNTHESE D'ANALYSE DES EXEMPLES

| <b>Exemple</b>              | <b>Environnement</b>                                     | <b>Forme</b>  | <b>Enveloppe</b>       | <b>Objectif Programatique</b>  | <b>Mode de circulation</b>       | <b>Fonctions retenus</b>     |
|-----------------------------|--|---|------------------------|--|----------------------------------|------------------------------|
| <b>Park Mall</b>            | <b>Emergence + monumentalite</b>                         | <b>Soubassement + Tours + Composition volumétrique.</b> | <b>La transparence</b> | <b>Relation fonctionnelle entre les espaces</b>  | <b>Organisation centralisée.</b> | <b>Organisation Spatiale</b> |
| <b>Beb ezzaouar</b>         | <b>Emergence + monumentalite</b>                         | <b>Soubassement + Tours</b>                             | <b>La transparence</b> | <b>Relation fonctionnelle entre les espaces</b>  | <b>Organisation centralisée.</b> | <b>Organisation Spatiale</b> |
| <b>Le part dieu</b>         | <b>L'integration au milieu urbain + monumentalite</b>    | <b>Soubassement + Tours</b>                             | <b>La transparence</b> | <b>Renforcement de l'attractivite a travers l'aspect esthetique et la conception des espaces interieur</b> | <b>Organisation centralisée.</b> | <b>Documentation</b>         |
| <b>Selby leisure center</b> | <b>L'harmonie et l'intégration avec l'environnement.</b> | <b>rectangle</b>  | <b>uniformite</b>      | <b>Relation fonctionnelle entre les espaces + l'application de principes ecologique et durable</b>         | <b>Organisation centralisée.</b> | <b>Decouverte</b>            |

# **Chapitre III : Le cas d'étude**

### 3.1. Introduction :

« Un bâtiment doit pousser du terrain, et non y être collé. Il doit appartenir au lieu où il se trouve. » Cette citation emblématique de Frank Lloyd Wright illustre parfaitement l'importance d'une architecture en harmonie avec son environnement. Loin de se contenter d'imposer des formes au paysage, l'architecture contemporaine tend aujourd'hui à s'ancrer profondément dans son contexte naturel, culturel et social. Cette approche vise non seulement à valoriser le site, mais aussi à créer des espaces durables, cohérents et respectueux de leur milieu. À travers cette vision, se dessine une nouvelle manière de concevoir les bâtiments : comme des extensions vivantes de leur environnement. Chaque lieu a son histoire, son caractère et son identité. Ce travail vise à mieux comprendre le contexte d'intervention en explorant l'évolution et le développement de la ville. Il s'agit également de faire une synthèse permettant d'identifier les potentialités et les lacunes, afin de concevoir un projet architectural bien intégré à son environnement, en harmonie avec le paysage qui l'entoure. Alger, "EL MAHRUSSA" ou "LA BLANCHE" est une ville côtière située au nord d'Afrique, c'est une métropole qui s'impose dans la région avec toutes ses qualités, spécifiquement architecturales. Au fil des décennies, Alger était un laboratoire ouvert pour les différentes expériences architecturales et urbaines.

### 3.2. Situation géographique:

Alger est situé au nord du pays, elle s'étend sur une superficie de 1190km<sup>2</sup> avec une population de 3 309 896 habitants en 2020



FIGURE 39 CARTE DE SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA WILAYA D'ALGER  
SOURCE: [HTTPS://WWW.AIRFRANCE.DZ/](https://www.airfrance.dz/)

### 3.3. Limites Administratives:

Alger se limite administrativement par la wilaya de Blida au sud, la wilaya de Tipasa à l'ouest ainsi que la wilaya de Boumerdes à l'est



FIGURE 40 CARTE DES LIMITES ADMINISTRATIVE DE LA WILAYA D'ALGER  
(SOURCE : ATELIER COLIBRI, 2021-2022 )

### 3.4. Cadre Physique:

Le territoire algérois est bordé au nord par la Mer méditerranéenne, Au sud par la Mitidja, Oued Mezafran a l'ouest et oued reghaia a l'est.

On peut distinguer 3 zones principales :

Le sahel : Zone côtière méditerranéenne avec des plaines et des vallées

Le littoral : zone maritime méditerranéenne avec des falaises et des plages

La Mitidja : Pleine littorale étroites

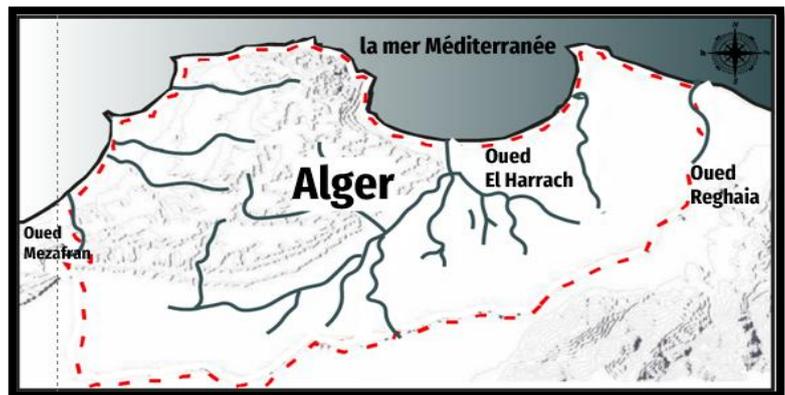


FIGURE 41 CARTE DE CADRE PHYSIQUE DE LA WILAYA D'ALGER  
(SOURCE : AUTEUR)

### 3.5. Hydrographie

Le territoire Algérois est traversé par plusieurs cours d'eaux, on cite : Oued Mezafran, Oued El Harrach, Oued Reghaia..., etc. Le ruissellement des oueds est influencé par les pentes et les crêtes qui marquent les lignes de partage de l'eau, et ils jettent tous dans le méditerrané qui borde toute la cote.

### 3.6. Limite Naturelle:

La ville d'Alger est délimitée par la mer Méditerranée au Nord, la plaine de la Mitidja au Sud, l'oued de Réghaïa à l'Est et enfin l'oued Mazafran à l'ouest.

### 3.7. Topographie :

Il existe 2 massifs de le territoire Algérois, Le premier situe au nord-ouest avec une altitude de 400m ( Bouzaraeh), L'autre c'est au sud-est ( Atlas Tellien ) avec une altitude jusqu'au 700m, entre ces deux massifs on trouve la plaine qui a la même cote que le mer.

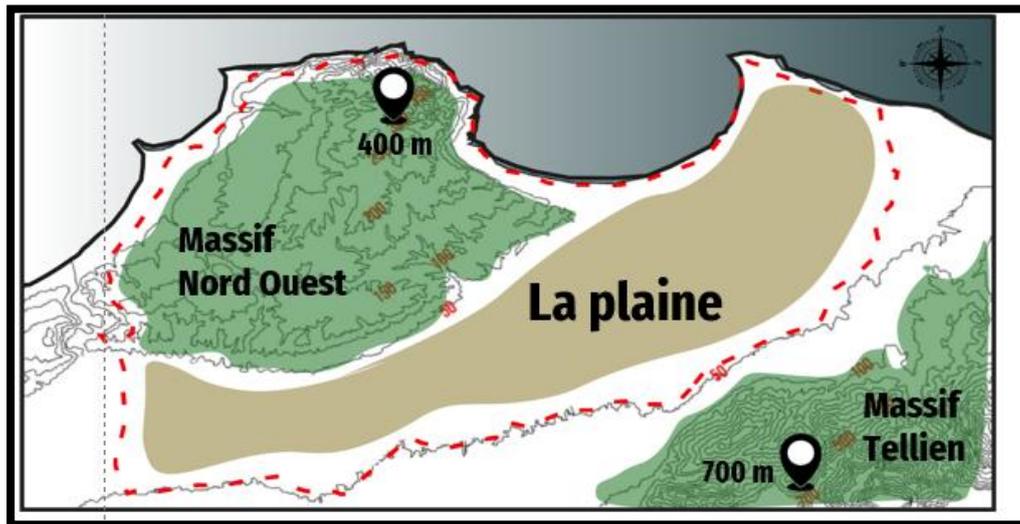


FIGURE 42 TOPOGRAPHIE DE LA WILAYA D'ALGER. SOURCE: (ATELIER COLIBRI 2021-2022 MODIFIE PAR L'AUTEUR)

### 3.8. Approche typo morphologique – Sensorielle

#### 3.8.1. Présentation de l'approche

L'analyse urbaine prônée s'intéresse à : Comprendre le développement fonctionnel du quartier, sa formation spatiale et trouver des éléments de réponses pour l'implantation du projet dans la zone considérée (Boukarta : 2023).

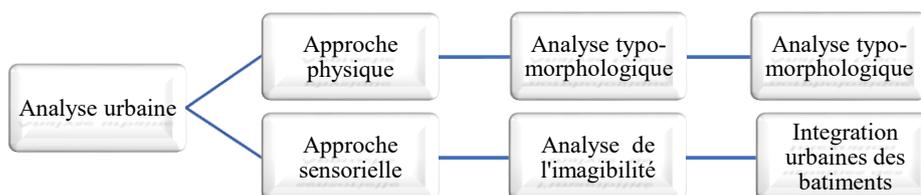


FIGURE 43 SCHEMA D'EXPLICATION DE METHODE D'ANALYSE (SOURCE : AUTEUR)

#### 3.8.2. La genèse de la commune de l'Hussein dey :

La commune de Hussein Dey possède une riche histoire qui remonte à la période ottomane. Toutefois, pour mieux comprendre son évolution et son identité actuelle, il est essentiel d'examiner d'abord son lien étroit avec la ville d'Alger ainsi que les processus d'humanisation qui ont façonné son développement au fil du temps.

*I. Le processus d'humanisation du territoire Algérois :*

**Phase 1 : apparition de la crête**

Le territoire algérois s'organise autour de cours d'eau qui prennent naissance sur la ligne de crête principale depuis des siècles, les hauteurs, comme celles de bouzareah, ont joué un rôle stratégique. Ces sommets offraient à la fois une vue dégagée pour surveiller les environs et une protection naturelle. Les chemins qui suivent les crêtes permettant de se déplacer facilement tout en dominant les vallées en contrebas.

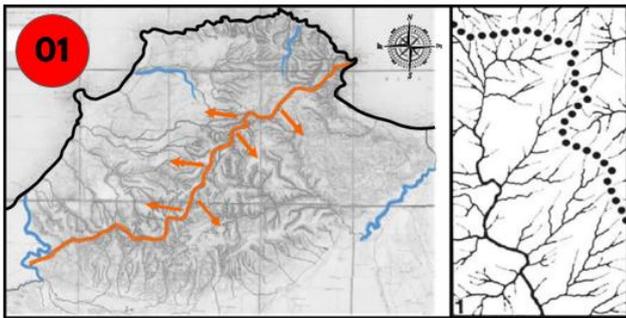


FIGURE 44 SOURCE : ATELIER COLIBRI, 2021-2022

**Phase 2 : le passage aux crêtes secondaires**

Les parcours de crêtes secondaires relient le parcours principal aux points stratégiques des hauts promontoires, ces chemins logent les cours d'eau et les terres propices à l'agriculture et à l'élevage

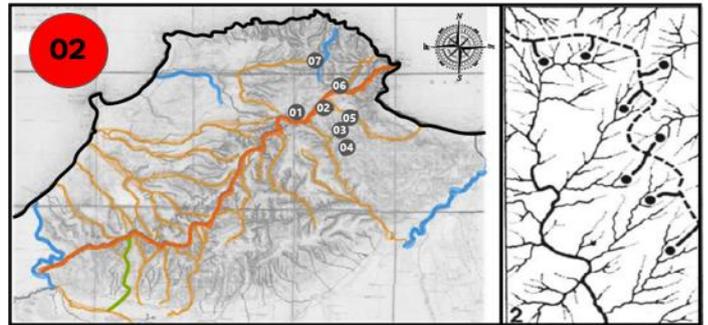


FIGURE 45 SOURCE : ATELIER COLIBRI, 2021-2022

**Phase 3 : le parcours de contre crête**

L'expansion opposée à la crête principale a favorisé la création de noyaux urbains dans les bas promontoires, établissant un parcours reliant ces zones

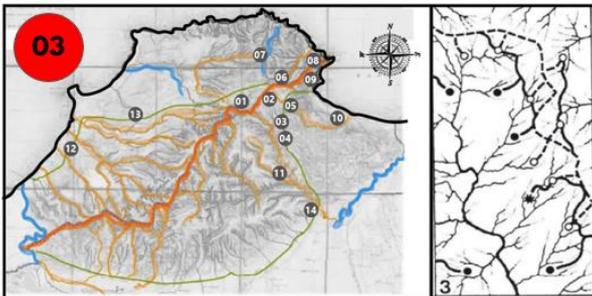


FIGURE 46 SOURCE : ATELIER COLIBRI, 2021-2022

**Phase 4 : la création de la voie littorale**

La voie littorale agit comme une ceinture reliant les établissements de bas promontoire, facilitant la circulation et affaiblissant le rôle structurant de la ligne de crête désormais renforcée par une voie de connexion avec le reste du territoire

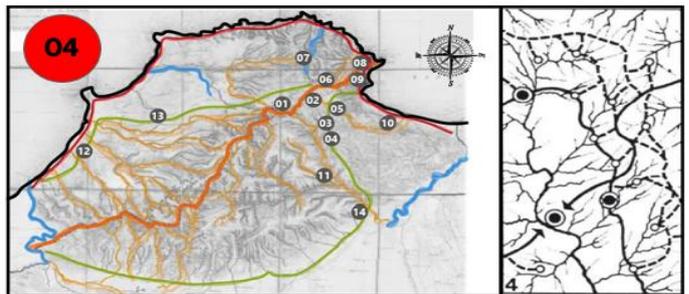


FIGURE 47 SOURCE : ATELIER COLIBRI, 2021-2022

L'Hussein est apparu durant la 3e phase comme un établissement du bas promontoire. La rue Tripoli est apparu comme un chemin de contre crête continu, ce chemin devient la voie territoriale qui relie tous les établissements du bas promontoire, il devient à la fin le parcours structurant de la ville au lieu de chemin de crête

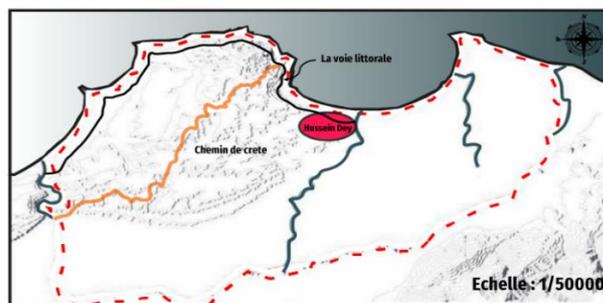


FIGURE 48 UN CARTE QUI DEMONTE LA RELATION ENTRE LA VOIE LITTORALE ET LE CHEMIN DE CRETE AVEC LA VILLE D'HUSSEIN DEY (SOURCE : AUTEUR )

II. L'histoire de la ville d'Alger:

**Les Phéniciens:** A Partir du 9 siècles av JC, les Phéniciens qui étaient des grands navigateurs et commerçant de l'antiquité, ont établi des comptoirs commerciaux le long de la côte algérienne, on en cite : IKOSIM (Alger). A partir du 6 ère siècles av JC, les colonies Phéniciennes sont passées sous l'influence de " Carthage", une ancienne colonie phénicienne devenue un puissant empire. Après la chute de Carthage en 146 av JC, les Romains ont repris les établissements Phéniciens. ICOSIUM (Alger) s'est développée selon le plan " Cardo - Decumanus ». Le Cardo aujourd'hui correspond à la rue beb el oued- babazzoun, et Decumanus correspond à la rue marine. À l'intersection de ces deux axes ont trouvée forum qui est aujourd'hui " la place des martyrs

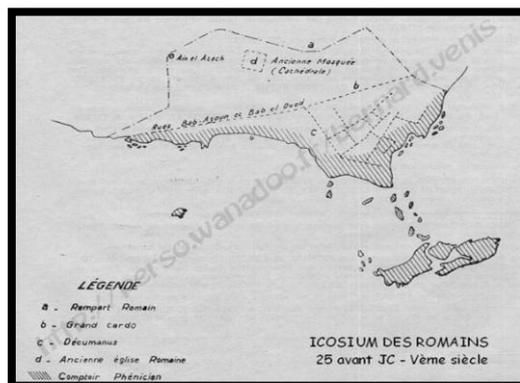


FIGURE 49 UNE CARTE DE LA VILLE D'ALGER A L'EPOQUE PHENICIENS  
SOURCE: ( [HTTP://ALGER-ROI.FR](http://alger-roi.fr) )

**Évolution formelle et croissance: La période des Phéniciens / Romains**

Hussein dey faisait partie dans les comptoirs commerciaux des Romains vu À sa proximité de la mer . Selon notre source, la rue tripoli était l'extension de l'axe Cardo.

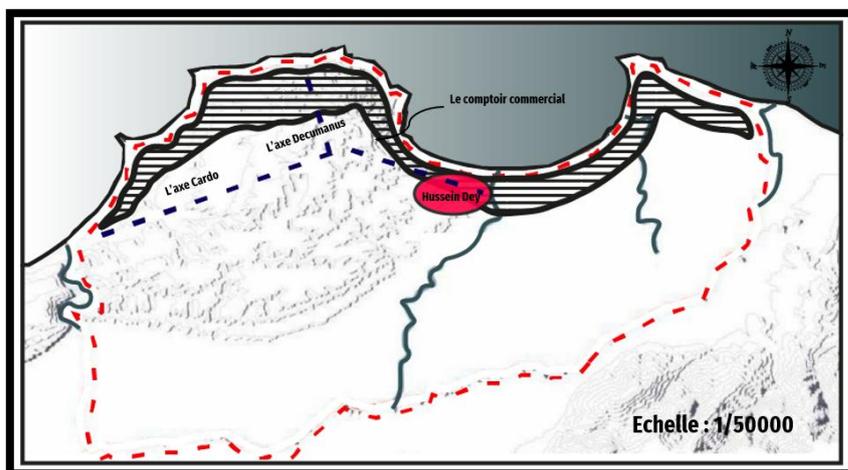


FIGURE 50 UNE CARTE QUE DEMONTRE LA RELATION ENTRE L'AXE ANCIEN CARDO ET LA RUE DE TRIPOLI ( SOURCE : AUTEUR)

**La période Arabo - Berbères:**

La ville berbère ne se situait pas sur des hauteurs, mais elle était protégée par un rempart. Quelques pans de sa citadelle, appelée El Casabah El Kadima, ont d'ailleurs survécu jusqu'à nos jours, car ils furent plus tard intégrés dans le rempart turc. Avec l'arrivée des Ottomans, la ville prit une forme triangulaire distincte. Ils ont construit un puissant rempart et construisirent une citadelle au sommet, qui servait de centre administratif, tandis qu'à la base, un port avec ses infrastructures facilitait le commerce et les échanges.

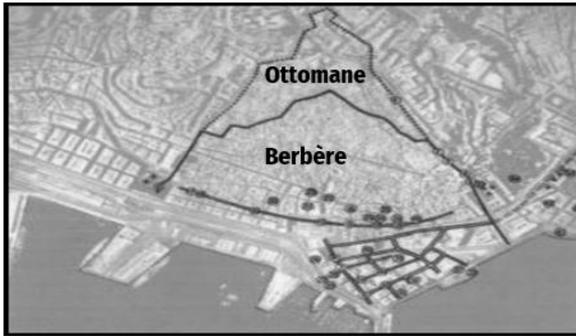


FIGURE 51 CARTE DES REMPARTS ET LES VOIES D'ALGER ( SOURCE : A LA RECHERCHE D'ICOSIUM, MARCEL LE GLAV)

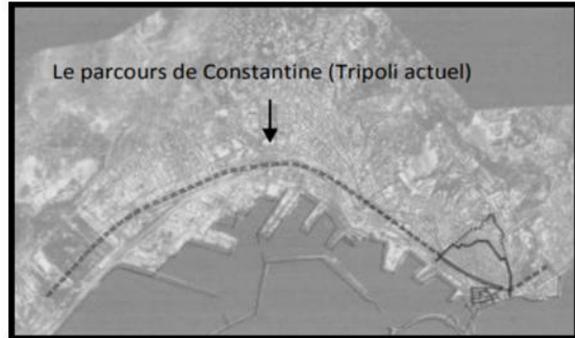


Figure 52 carte des remparts et les voies ( source : à la recherche d'icosium, Marcel le glav)

**Les Ottomans :** À partir du 16<sup>e</sup> siècle, l'Algérie devient une province de l'empire ottoman, et la régence d'Alger est créée à cette époque-là. Le " Fahs" est aussi un nouveau terme qui désigne les alentours de la Médina (El Casbah), Il couvre

une grande partie du sahel Algérois Après, c'était l'extension de la ville pour exploiter la richesse agricole. Hussein dey était quasiment des terrains vierges qui faisaient partie du fahs Bab Azzoun, Elle

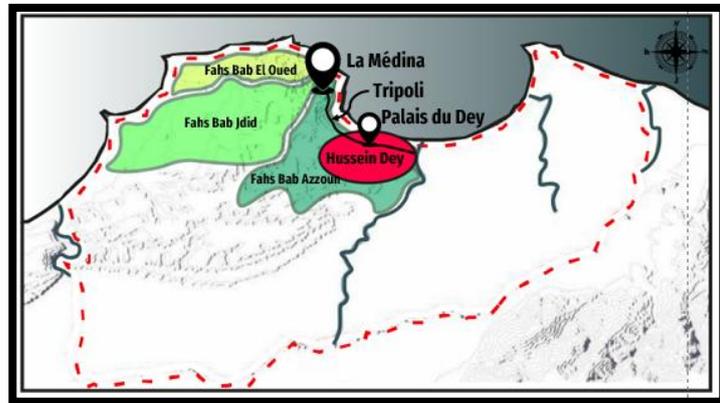


FIGURE 53 CARTE DES FAHS ALGEROIS ( SOURCE : AUTEUR)

était traversée par la rue Constantine (tripoli actuellement), Cette rue était l'articulation entre El Casbah et le palais du dey.

### Évolution formelle et croissance : Hussein Dey en 1834

Hussein Dey était couverte par des terrains agricoles, Avec la présence du Palais du Dey et de quelques villas modestes.

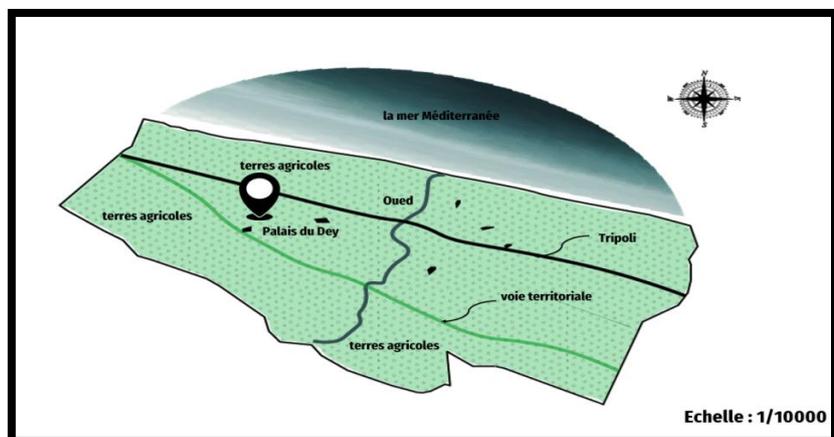


FIGURE 54 CARTE SCHEMATIQUE QUI REPRESENTE L'HUSSEIN DEY EN 1834 ( SOURCE : AUTEUR)

**La période coloniale :**

Après La chute de L'empire ottomane, L'Algérie est devenue une colonie française, Ce qui va mener au plus tard à une grande transformation radicale au niveau sociale, économique, politique et culturelle. On distingue 3 grandes phases dans cette période :

**1/ De 1830 à 1867 :**

Le tissu reste dans un premier temps constitué de terrains agricoles exploités par les colons. Vu la proximité du quartier au port, un certain nombre d'industries venaient s'installer l'entre la mer et la rue tripoli.



FIGURE 55 LES JARDINS DE L'HUSSEIN DEY (SOURCE : [HTTP://ALGER-ROI.FR](http://alger-roi.fr))



FIGURE 56 USINE A BLANCHERE ET SES FILS-VUE D'ENSEMBLE (SOURCE : [HTTP://ALGER-ROI.FR](http://alger-roi.fr))

**Évolution formelle et croissance : Hussein Dey en 1867:**

L'édification des constructions a un caractère défensif, militaire, et puis l'édification de chemin de fer vu à sa proximité aux ports.

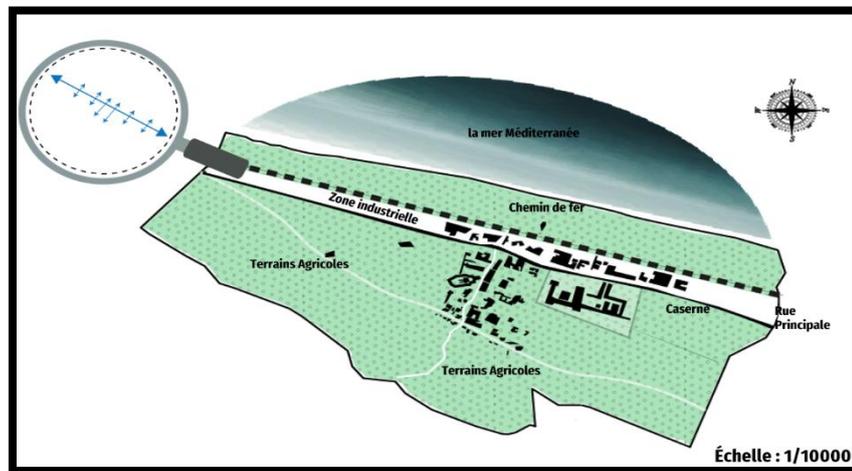


FIGURE 57: CARTE SCHEMATIQUE QUI REPRESENTE L'HUSSEIN DEY EN 1867 (SOURCE : AUTEUR)

**2/ De 1867 à 1930 :**

Les premières implantations avaient un caractère défensif et militaire, elles se propageaient le long de l'axe Tripoli. - En 1867, l'avènement du chemin de fer Et le début de tissu industriel le long de la rue tripoli.

**Évolution formelle et croissance : Hussein Dey en 1930**

Cette période est distincte par le programme HLM qui a été commencé en 1920

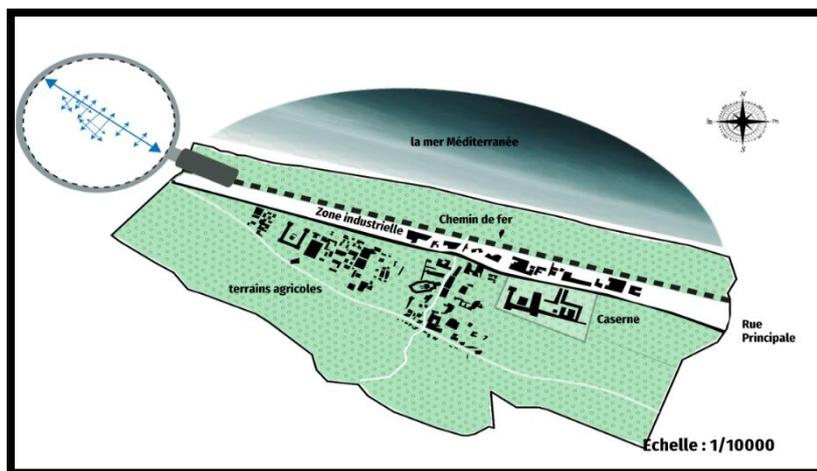


FIGURE 58 CARTE SCHEMATIQUE QUI REPRESENTE L'HUSSEIN DEY EN 1920 ( SOURCE : AUTEUR)

**3/ De 1930 à 1962:**

L'activité industrielle du site s'est fortement accentuée avec un étalement marqué entre la voie ferrée et la rue Tripoli, marquant ainsi une transformation significative du paysage urbain. Parallèlement, un bâti résidentiel s'est développé le long de la rue Tripoli ainsi que sur les hauteurs, tandis que la vocation agricole du site subissait un rétrécissement progressif. La construction des premiers logements HLM en 1955 a renforcé cette dynamique de transformation, accompagnée par l'extension des quartiers vers le sud, où de grands lots ont été occupés. Ce développement a également accentué la rupture avec le littoral, la densification des installations industrielles créant une barrière physique entre la ville et la mer.



FIGURE 59 UNE PHOTO DE LA CITE BROSSETTE (SOURCE : [HTTP://ALGER-ROI.FR](http://alger-roi.fr))



FIGURE 60 UN JOURNAL QUI DATE A LA PERIODE COLONIALE (SOURCE : [HTTP://ALGER-ROI.FR](http://alger-roi.fr))

#### 4/ après l'indépendance:

Après l'indépendance en 1962, Hussein Dey a connu une transformation rapide, passant d'une périphérie à dominante industrielle à une zone principalement résidentielle. Cette urbanisation progressive et généralisée a entraîné la disparition des activités agricoles qui faisaient autrefois partie du paysage local. Parallèlement, le déclin des activités industrielles et la dégradation du tissu industriel ont favorisé l'émergence de nombreuses friches urbaines. Cette évolution s'est accompagnée d'une densification non contrôlée, accentuant les déséquilibres dans l'organisation de l'espace urbain et posant aujourd'hui de réels défis en matière de planification et de réhabilitation.



FIGURE 61 UNE PHOTO DE L'HUSSEIN DEY ACTUELLEMENT  
(SOURCE : AUTEUR)



FIGURE 62 UNE PHOTO D'UN MOSQUEE SITUE AU  
HUSSEIN DEY (SOURCE AUTEUR)

#### Évolution formelle et croissance : Hussein Dey après L'indépendance.

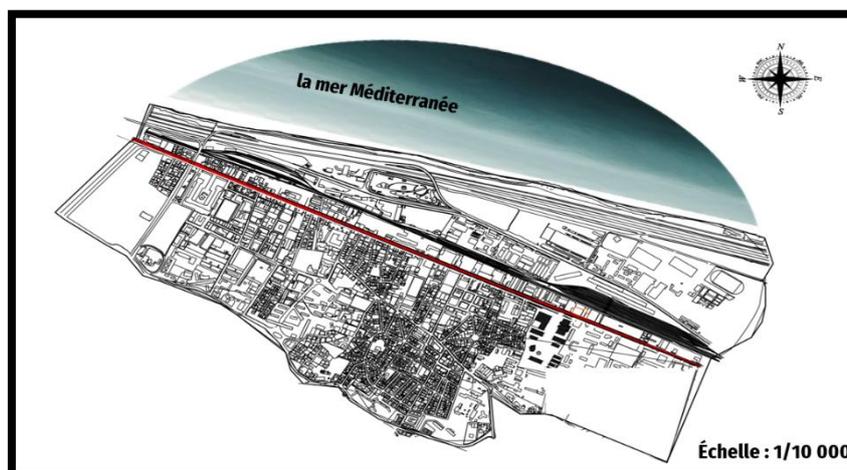


FIGURE 63 UNE CARTE QUI REPRESENTE LA COMMUNE D'HUSSEIN DEY APRES L'INDEPENDANCE. (SOURCE :AUTEUR)

**Évolution formelle et croissance: Stratification du tissu :**

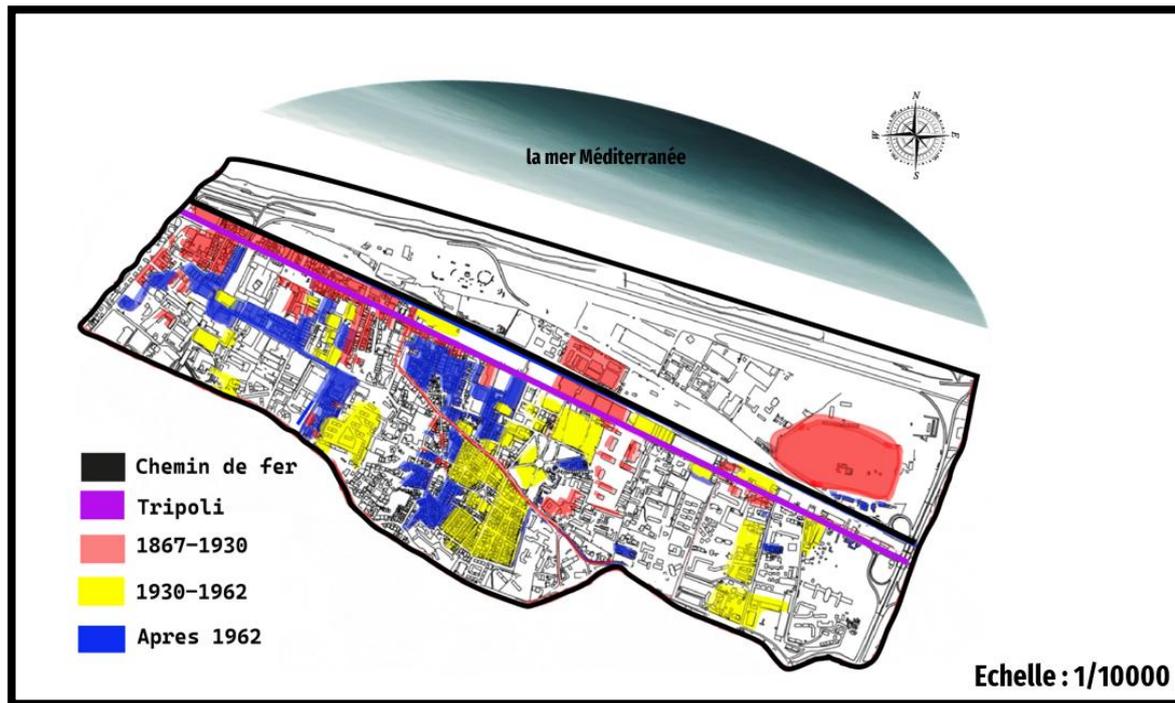


FIGURE 64 UNE CARTE QUE REPRESENTE LES DIFFERENTES CHRONOLOGIES DE TISSU URBAINE A L'HUSSEIN DEY (SOURCE: AUTEUR)

**Synthèses:**

L'évolution de la commune de Hussein Dey reflète une histoire marquée par une succession de plans d'urbanisme souvent discontinus à cause des différents occupants de la ville à chaque période. Ces ruptures dans la planification ont créé une certaine incohérence structurelle, mais elles offrent également des opportunités uniques pour enrichir la ville par l'exploitation des friches urbaines et la réhabilitation des bâtiments vétustes afin d'améliorer sa fonctionnalité et son attractivité. Hussein Dey est née de l'extension de la ville d'Alger vers l'est, initiée durant la période ottomane. À chaque époque, le processus d'urbanisation a répondu à des besoins spécifiques, transformant à plusieurs reprises la vocation de la ville. Cette évolution a façonné une cité riche en histoire, marquée par une grande diversité et une identité urbaine complexe et complète.

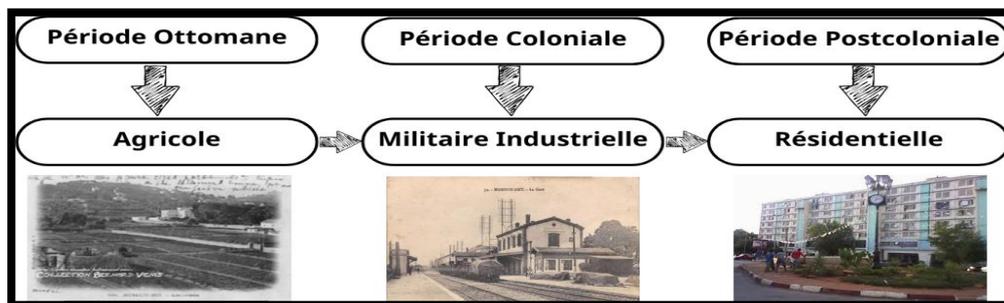


FIGURE 65 UNE SCHEMA QUI REPRESENTE LE CHANGEMENT DE VOCATION DURANT LES PERIODES. (SOURCE : AUTEUR)

### 3.8.2 Analyse synchronique :

#### I. Situation géographique de la commune :

Hussein Dey est une commune située sur la baie d'Alger, constituant un prolongement du centre d'Alger, à environ 10 km de distance. Cette ville côtière s'étend sur une superficie de 425 hectares.

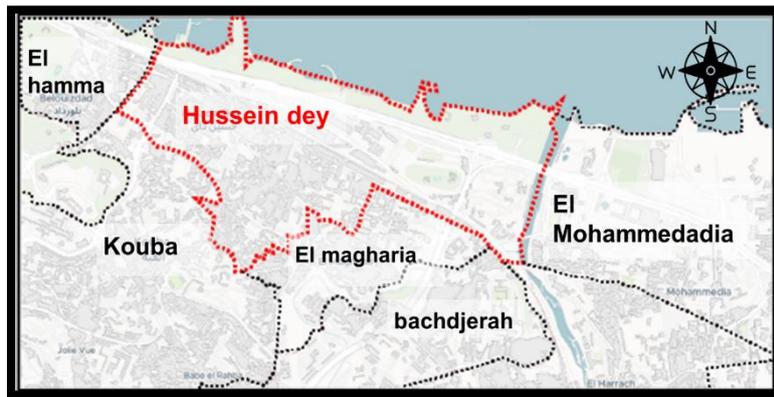


FIGURE 66 UNE CARTE QUI MONTRE LA SITUATION DE LA COMMUNE D'HUSSEIN DEY ( SOURCE : BETA.AINO.WORLD— TRAITEE PAR AUTEUR )

#### II. L'accessibilité :

##### L'Accessibilité :

- l'autoroute
- route de l'ALN
- la RN 5
- L'Autoroute nord-sud
- - - voie ferroviaire
- avenue tripoli – tram-
- chemin fernan henafi -
- métro-

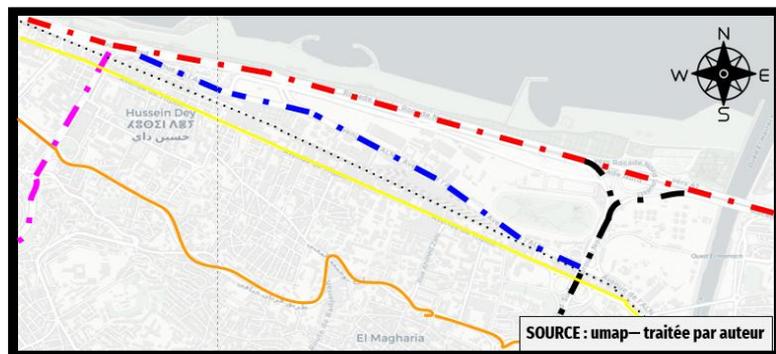


FIGURE 67 UNE CARTE QUI MONTRE L'ACCESSIBILITE DE LA COMMUNE DE L'HUSSEIN DEY ( SOURCE : UMAP— TRAITEE PAR AUTEUR )

#### III. Topographie de la commune :

Située à l'intérieur de la plaine côtière, la commune d'Hussein dey est considérée comme peu accidentée : elle s'élève de la cote (00 niveau de la mer). Le point culminant est situé à la cote 93, ce qui lui confère une altitude de 45 mètres et des pentes inférieures à 5% où le bâti suit la forme du terrain.

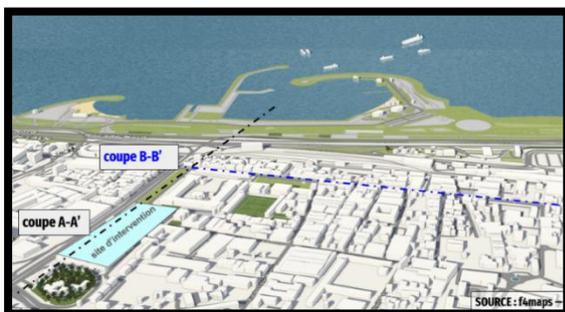


FIGURE 68 FIGURE 71 LES LIGNE DE COUPE PAR APPORT AU SITE D'INTERVENTION ( SOURCE F4MAPS TRAITEE PAR AUTEUR)

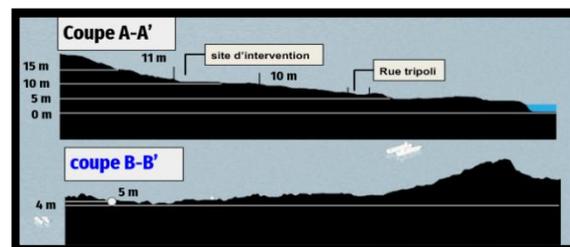


FIGURE 69 UNE COUPE SCHEMATIQUE DEMONTRE LA TOPOGRAPHIE D'HUSSEIN DEY ( SOURCE : AUTEUR)

IV. Le système viaire :

A - Hiérarchisation des voies :

La commune bénéficie d'une bonne desserte, avec un réseau de voirie dense et bien structuré qui assure une fluidité et une accessibilité répondant aux besoins de la population.

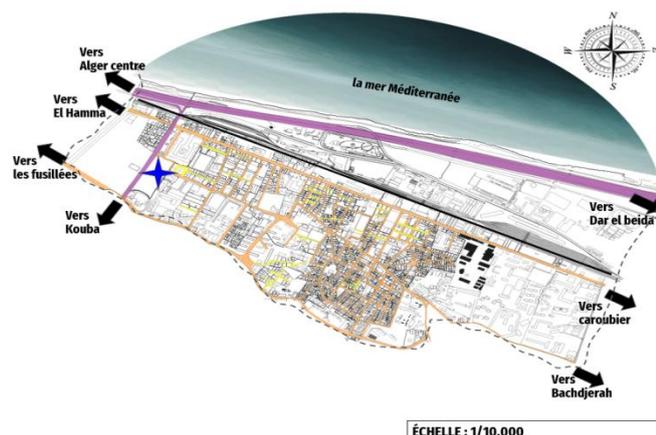


FIGURE 70 CARTE REPRESENTATIF DE HIERARCHISATION DES VOIES (SOURCE : CARTE VIERGE TRAITEE PAR AUTEUR )

V. Analyse des nœuds :

La commune bénéficie d'une bonne desserte, avec un réseau de voirie dense et bien structuré  
 Qui assure une fluidité et une accessibilité répondant aux besoins de la population.

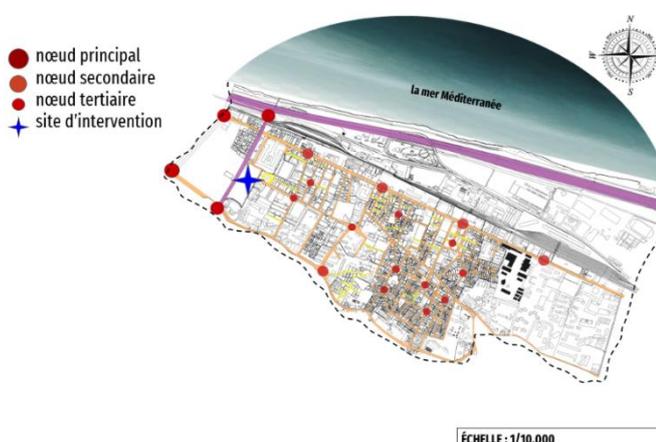


FIGURE 71 CARTE REPRESENTATIF DES NOEUDS (SOURCE : CARTE VIERGE TRAITEE PAR AUTEUR )

VI. Offre de mobilité :

La zone étudiée bénéficie d'une bonne accessibilité grâce à la présence de divers moyens de transport. Elle est notamment desservie par une ligne de bus circulant le long de la Route Nationale 5 (RN5), facilitant ainsi les déplacements quotidiens. De plus, la présence d'une station de tramway, avec les arrêts Tripoli et Thaâliya, renforce la connectivité du site et son intégration au réseau de transport urbain d'Alger.

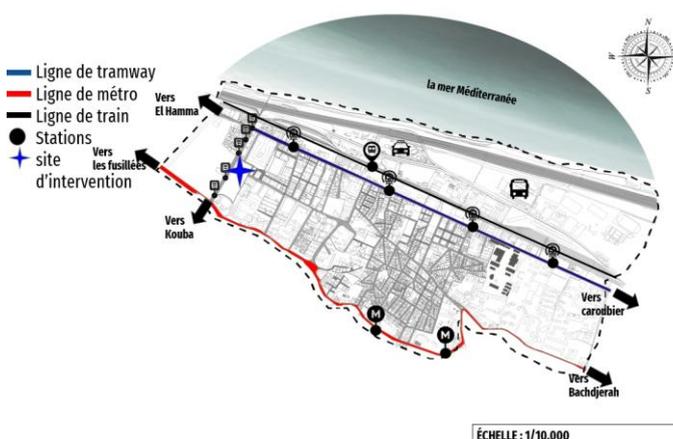


FIGURE 72 CARTE REPRESENTATIF DES OFFRE DE MOBILITE (SOURCE : CARTE VIERGE TRAITEE PAR AUTEUR )

VII. Analyse des flux et de stationnement :

- Flux important de 6h jusqu'à 18:30 et c'est ce qui cause de la congestion routière
- aires de stationnement insuffisantes à cause du nombre important de voitures

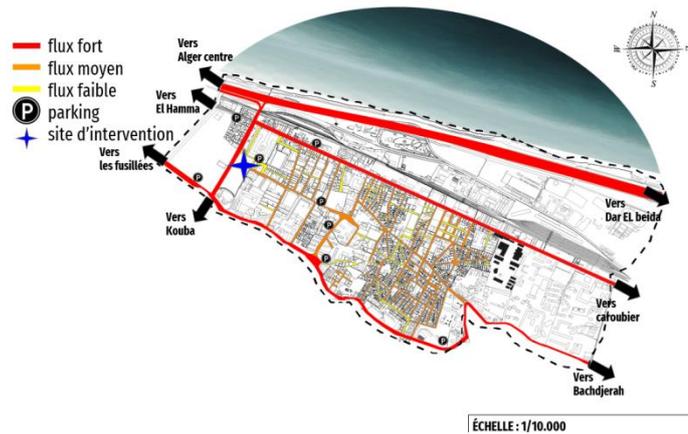


FIGURE 73 CARTE REPRESENTATIF DE FLUX AUTOMOBILE (SOURCE : CARTE VIERGE TRAITEE PAR AUTEUR )

VIII. Perception de l'insécurité :



La mobilité piétonne tend à se réduire dans les quartiers où les conditions urbaines sont défavorables, notamment ceux marqués par l'isolement et le manque d'animation. Pour y remédier, plusieurs interventions peuvent être envisagées : la reconversion des locaux fermés en espaces fonctionnels favorisant les regroupements sociaux, la réanimation des zones vides et peu fréquentées, la création de zones dédiées à la gestion des déchets pour améliorer l'environnement urbain, ainsi que la mise en place de dortoirs pour les personnes sans abri. Ces actions visent à revitaliser les quartiers, renforcer leur attractivité et améliorer les conditions de vie pour les habitants comme pour les usagers.

IX. Walkability :

La mobilité piétonne diminue dans les quartiers isolés où les conditions urbaines sont peu favorables.



*X. La géométrie des voies :*

Forme : le système en résille est le plus dominant dans la commune et cela explique la bonne hiérarchisation des voies et des rues.

Longueur : de 50 à 150 m

Usage : de 06:00 jusqu'à 18:30

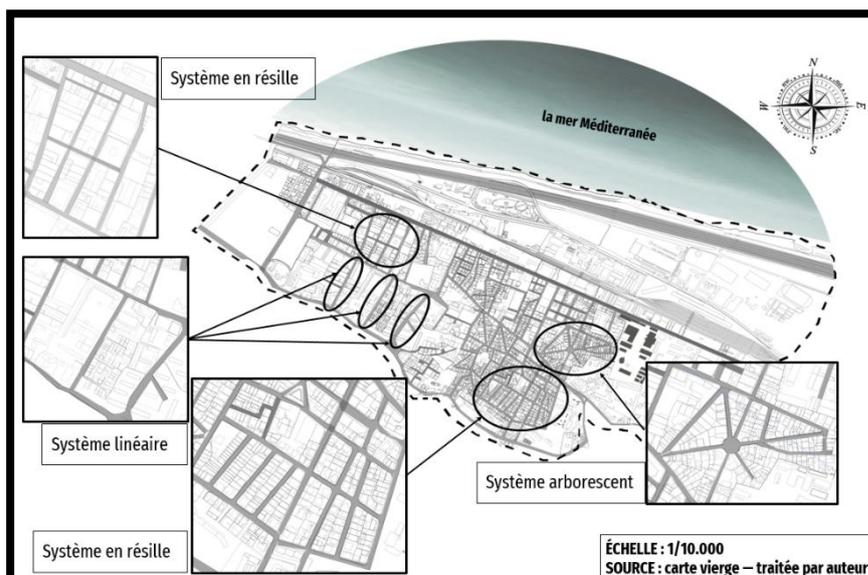


FIGURE 74 CARTE REPRESENTATIF DES DIFFERENTES GEOMETRIES DE LA VILLE (SOURCE : CARTE VIERGE TRAITEE PAR AUTEUR)

*XI. La typologie :*

| Parcelle | Photo | A- Géométrie           | B- Dimension  | SYNTHÈSE   |
|----------|-------|------------------------|---|--|
|          |       | îlot sous forme d'un I | Longueur : 36 m<br>largeur : 11 m<br>surface : 396 m <sup>2</sup>         | -îlot en forme de I avec des espaces ouverts, des cheminements piétons, et un espace central partagé.<br>-Ventilation et luminosité naturelle                                |
|          |       | îlot sous forme d'un L | Longueur : 38,15 m<br>largeur : 55 m<br>surface : 2 098,25 m <sup>2</sup> | îlot en L, avec un espace central semi-ouvert aménagé en cour verte avec bâtiments disposés en angle droit +une bonne entrée de lumière naturelle et favorise la ventilation |
|          |       | îlot sous forme d'un U | Longueur : 50,63 m<br>largeur : 45m<br>surface : 2 278,35 m <sup>2</sup>  | îlot en forme de U doté d'une cour centrale carrée servant d'espace semi-privatif pour les résidents.  |
|          |       | Forme irrégulière      | Longueur : 45 m<br>largeur : 63,14 m<br>surface : 2 841,3 m <sup>2</sup>  | îlot irrégulier avec des bâtiments dispersés, de taille et forme différente, doté d'une cour centrale  |

*XI. La relation entre le viaire et le parcellaire :*

Les parcelles sont organisées en fonction de la formation des voies qui les entourent, ce qui détermine leur forme et leur disposition. Leur taille varie selon leur usage : les petites parcelles sont généralement réservées à l'habitation, qu'elle soit individuelle ou collective, tandis que les parcelles plus grandes sont destinées à accueillir des équipements publics ou privés de grande envergure. Cette organisation spatiale reflète une adaptation aux fonctions urbaines et facilite la structuration du tissu urbain.

*XII. La relation entre le viaire et le bâti :*

L'implantation des bâtiments est étroitement liée à l'organisation des axes viaires, qui conditionne leur orientation et leur agencement. Les constructions alignées le long des rues, avec des façades continues, créent un sentiment d'unité urbaine et renforcent la cohésion du paysage architectural. Par ailleurs, un réseau viaire dense favorise une forte concentration du bâti, ce qui encourage la mixité fonctionnelle en permettant la coexistence d'activités résidentielles, commerciales et industrielles au sein d'un même secteur.

*XIII. Le système bâti : pt de repère :*

Le site se situe à proximité d'une zone résidentielle, offrant une vue panoramique sur le Maqam Chahid ainsi que sur la baie d'Alger. Il est également entouré de nombreux équipements aux fonctions variées, tels que des hôtels, un lycée et des commerces, ce qui en fait un espace dynamique et multifonctionnel au cœur de son environnement urbain.

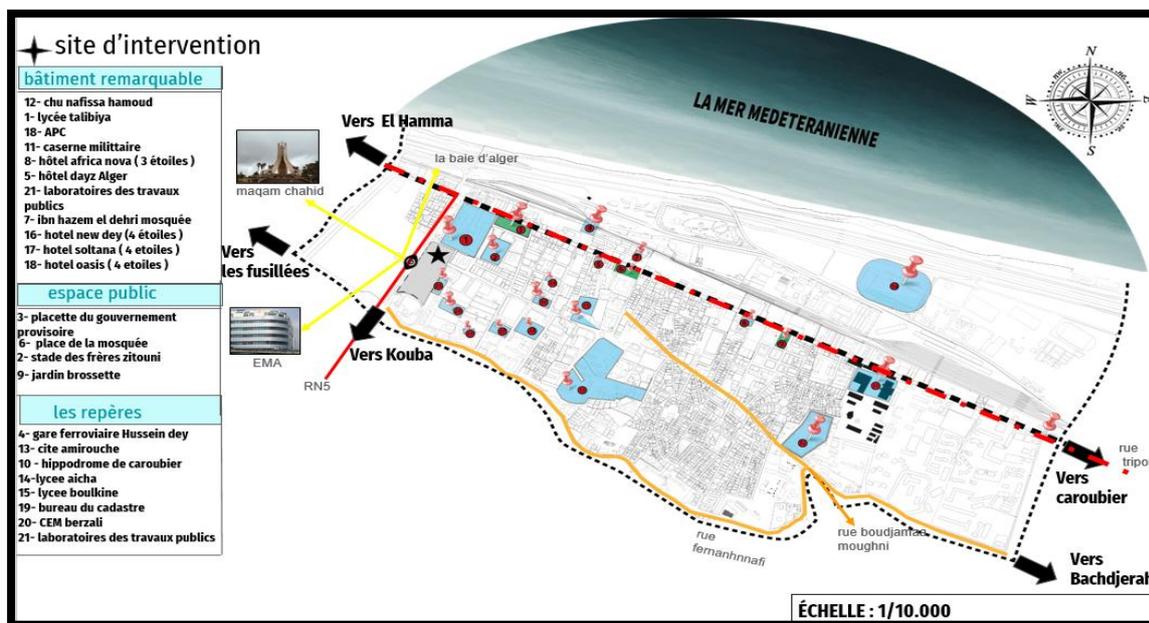


FIGURE 75 CARTE REPRESENTATIF DES POINTS DE REPERE PLUS IMPORTANTES ( SOURCE : CARTE VIERGE TRAITEE PAR AUTEUR )

*XIV. Le système bâti : Densité :*

Le site bénéficie de la présence de plusieurs équipements aux vocations diverses, notamment dans les domaines du commerce, de la santé et de l'éducation. L'habitat y représente environ 70 % de l'occupation, mais on constate un manque important d'infrastructures dédiées aux loisirs. Ainsi, il serait préférable d'orienter la vocation de notre projet vers des centres d'affaires, en accord avec la proposition du POS 2024 qui prévoit un pôle administratif, ou bien de privilégier des fonctions liées au commerce et aux activités de loisirs afin de diversifier et dynamiser l'offre locale.

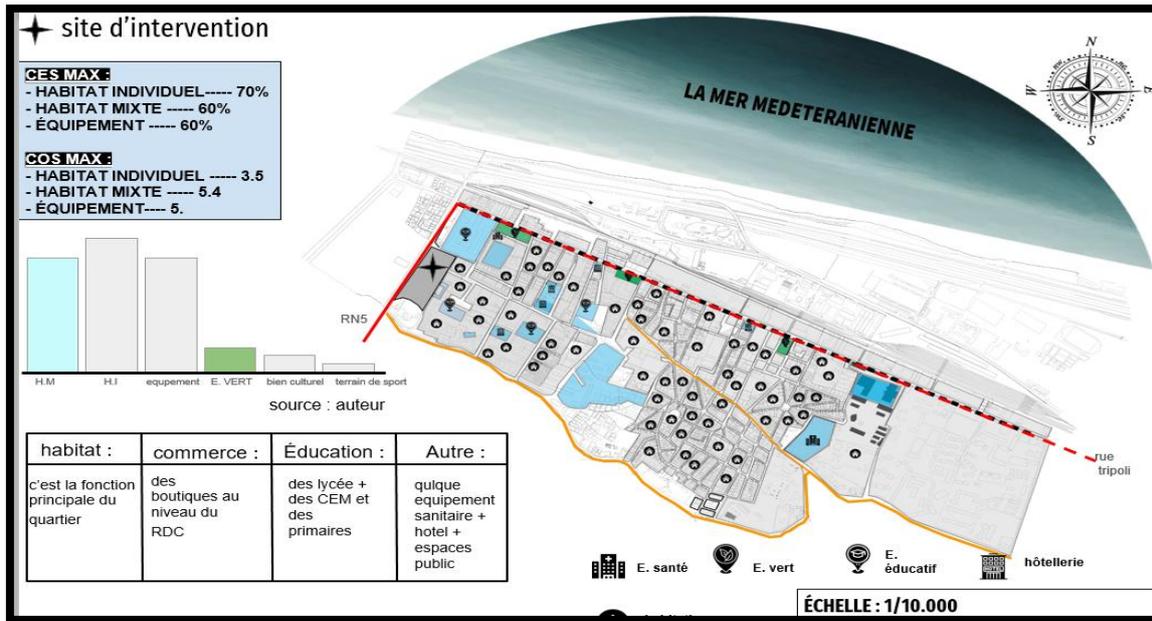


FIGURE 76 CARTE REPRESENTATIF DES DIFFERENTS TYPE DES EQUIPEMENTS ( SOURCE : CARTE VIERGE TRAITÉ PAR L'AUTEUR)

*XV. Le système bâti : état des bâtis :*

Le site comprend quelques habitations, à la fois collectives et individuelles, ainsi que divers équipements qui sont globalement en bon état. Cependant, les habitations situées sur la partie haute de l'axe de Tripoli présentent majoritairement un état vétuste et nécessitent des travaux de rénovation. En revanche, les équipements tels que les hôtels, la mosquée, ainsi que les logements individuels (H.I) et collectifs (H.C) situés sur la partie basse de l'axe de Tripoli sont, pour la plupart, bien entretenus et en bon état, ce qui reflète une disparité notable dans la qualité du bâti selon les secteurs.

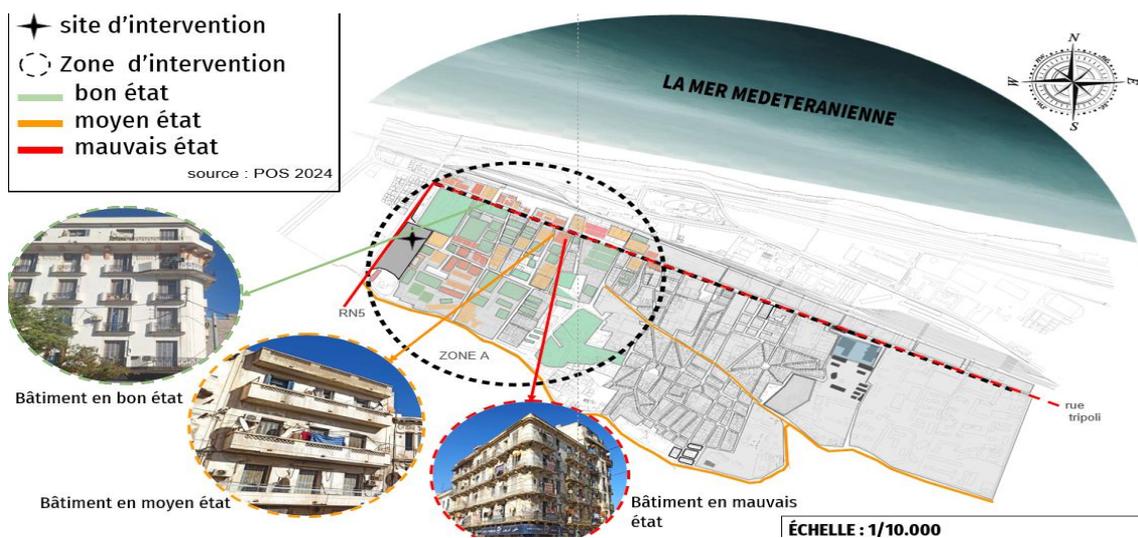


FIGURE 77 UNE CARTE REPRESENTATIF DE L'ÉTAT DE BATI ACTUELLE SELON LE POS ( SOURCE : CARTE VIERGE TRAITÉ PAR L'AUTEUR)

XVI. Le système bâti : accessibilité solaire :

L'accessibilité solaire à Hussein Dey présente à la fois des atouts et des contraintes. La commune bénéficie d'un climat méditerranéen avec un ensoleillement important, mais la densité urbaine et la hauteur des immeubles (R+4, R+5) créent des ombres qui réduisent l'accès au soleil, notamment pour les rez-de-chaussée, les cours intérieures et les rues étroites. Le manque d'espaces verts limite les zones dégagées servant de puits de lumière, tandis que l'orientation parfois défavorable de certains bâtiments nuit à l'efficacité énergétique et au confort thermique. Pour les projets futurs, il est recommandé d'optimiser l'orientation des constructions vers le sud ou le sud-est et de régler la hauteur des bâtiments afin de préserver l'ensoleillement des logements et espaces publics.

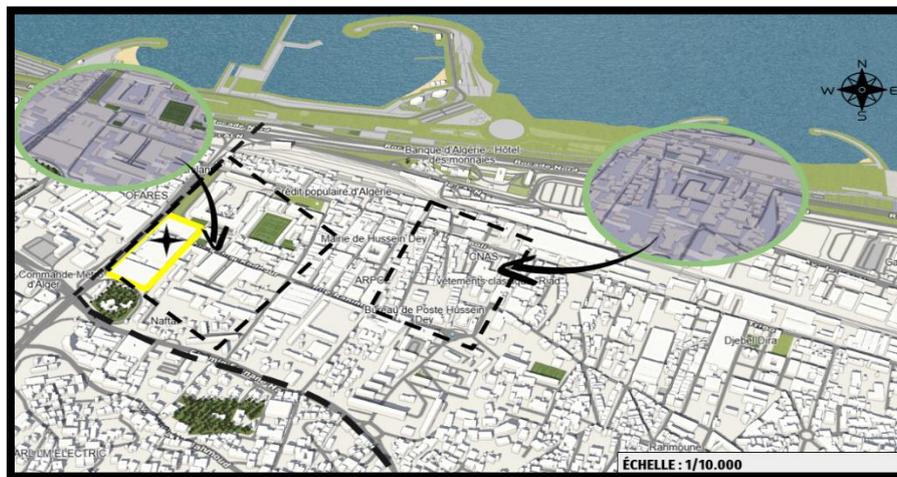


FIGURE 78 UNE CARTE REPRESENTATIF DE L'ACCESSIBILITE SOLAIRE ( SOURCE : F4MAP TRAITÉ PAR L'AUTEUR)

3-Le système bâti : gabarit

Le long de l'axe de Tripoli, les bâtiments présentent un gabarit allant du rez-de-chaussée (RDC) à deux étages, ce qui favorise une échelle humaine et crée une atmosphère plus intime. (Colonial)

-Dans le tissu postcolonial, la hauteur des bâtiments augmente : les habitations individuelles s'élèvent souvent à

quatre niveaux, tandis que les bâtiments collectifs atteignent fréquemment entre 6 et 11 niveaux.

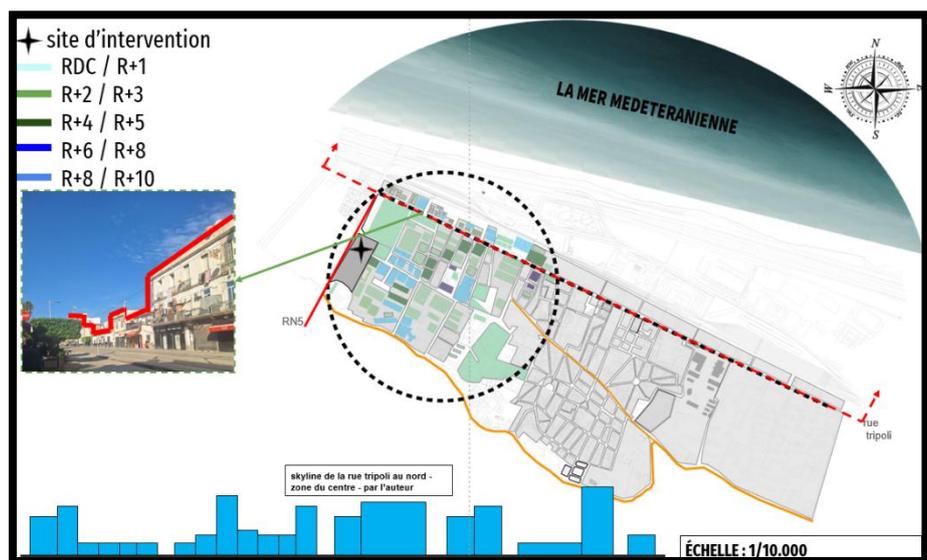


FIGURE 79 UNE CARTE REPRESENTATIF DE GABARIT ( SOURCE : F4MAP TRAITÉ PAR L'AUTEUR)

### 3.9. Analyse Séquentielle :

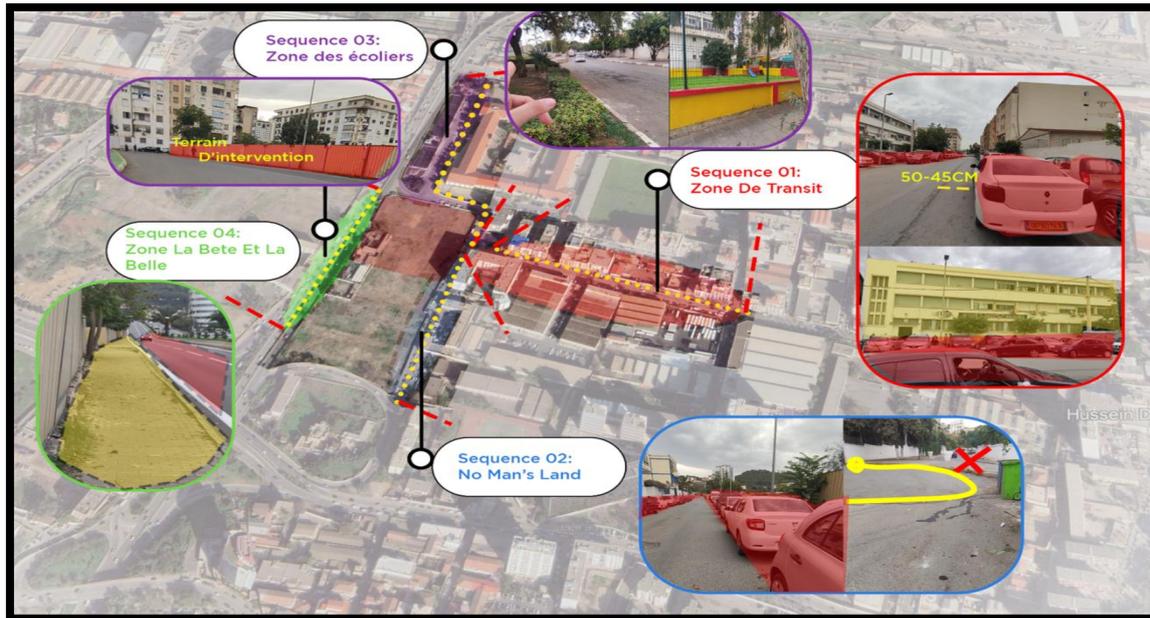


FIGURE 80 CARTE REPRESENTATIF DES DIFFERENTS SEQUENCES DE L'AIRE D'ETUDE ( SOURCE : GOOGLE MAPS TRAITE PAR L'AUTEUR)

#### 3.9.1. Description des séquences :

- **Séquence 1: Zone de transit:** La séquence “Zone de transit” se trouve à l'entrée ouest de quartier, D'un côté on trouve à gauche un parc de stationnement et Etusa avec un mur de cloisonnement et Direction technique de la navigation aérienne, Direction de la logistique - ENNA , Mutuelle Générale Des Transports MGT qui donne un taux élevé des travailleurs et un aspect étatique pour la zone, de l'autre on trouve habitations collective et des commerce en RDC qui bénéficie du flux importants des travailleurs de secteur.
- **Séquence 2: No Man's Land:** marque le moment où l'on a l'impression d'entrer dans une zone morte, D'un côté de la route, une zone de bâtiments résidentiels avec des garages de RDC fermé et la présence des SDF créant une atmosphère d'étrange de l'insécurité. De l'autre côté, un terrain vide avec une ligne des voitures stationnée cette zone vous donne la sensation de vous dire que vous n'êtes pas le bienvenu ici
- **Séquence 3 : Zone des élèves :** Dans cette séquence, La végétation et la place créent une impression de fraîcheur. On face de terrain d'action, on trouve Le flux des véhicules est plus intense et le flux piétonnier élevé en raison de la présence des élèves du lycée Thaalibiya cette zone est équipée par un trottoir étroit par rapport à l'importance de place qui oblige les élèves de marcher dans la voie mécanique.
- **Séquence 4: Zone la belle et la bête :** dans cette zone, il y a 2 opposés polaires qui sautent et peuvent être remarqués immédiatement, la première est les vues que l'on peut voir à travers cette route du métro d'alger Makam al shahid (Sanctuaire du martyr), Palais de la culture

et même la baie de Alger, Bien que l'autre côté de cette route soit l'insécurité qu'elle donne et le mauvais état dans lequel elle se trouve sans lumières nocturnes et la nuisance sonore des voitures qui passent à grande vitesse de manière unidirectionnelle et même ses importantes.

**L'ambiance (La Lumière):**

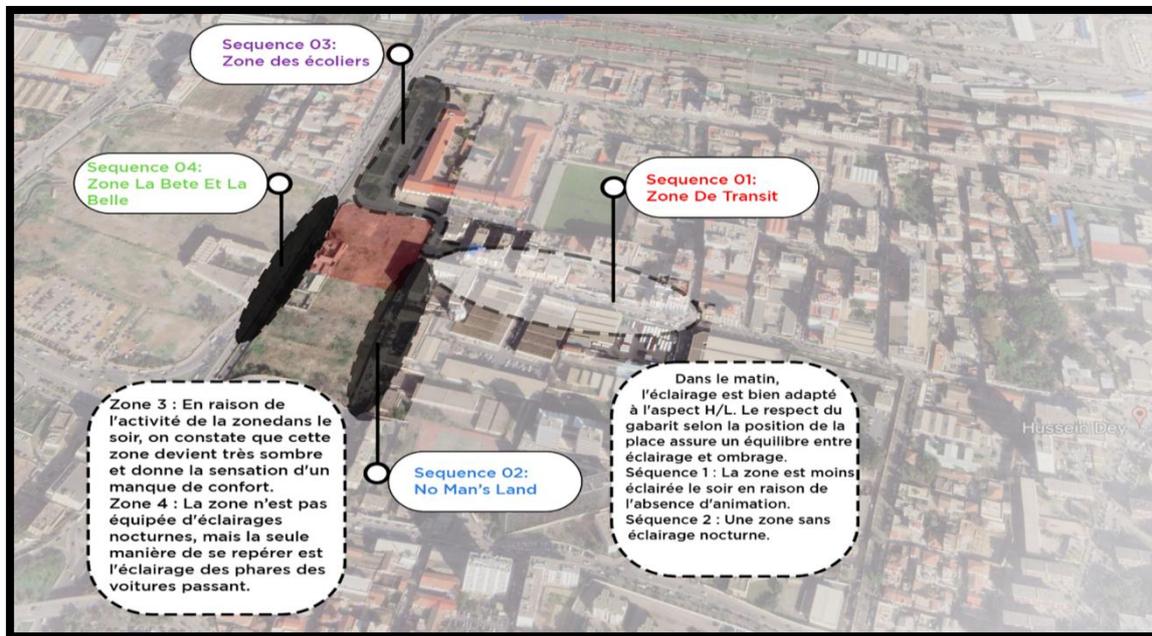


FIGURE 81 UNE CARTE REPRESENTATIF DE DIFFERENCE DE LA ECLAIRAGE URBAINE ( SOURCE : GOOGLE MAPS TRAITÉ PAR L'AUTEUR )

**L'ambiance (La sécurité):**

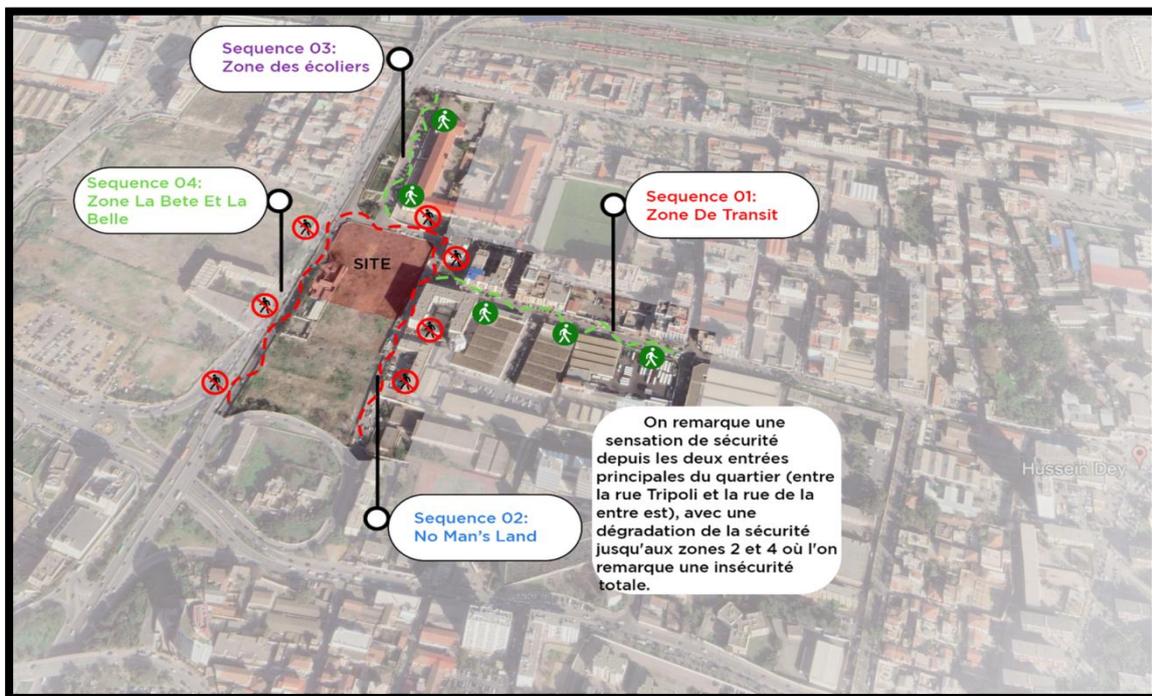


FIGURE 82 UNE CARTE REPRESENTATIF DE DIFFERENCE DE LA SENSATION DE SECURITE ( SOURCE : GOOGLE MAPS TRAITÉ PAR L'AUTEUR )

**La mobilité:**

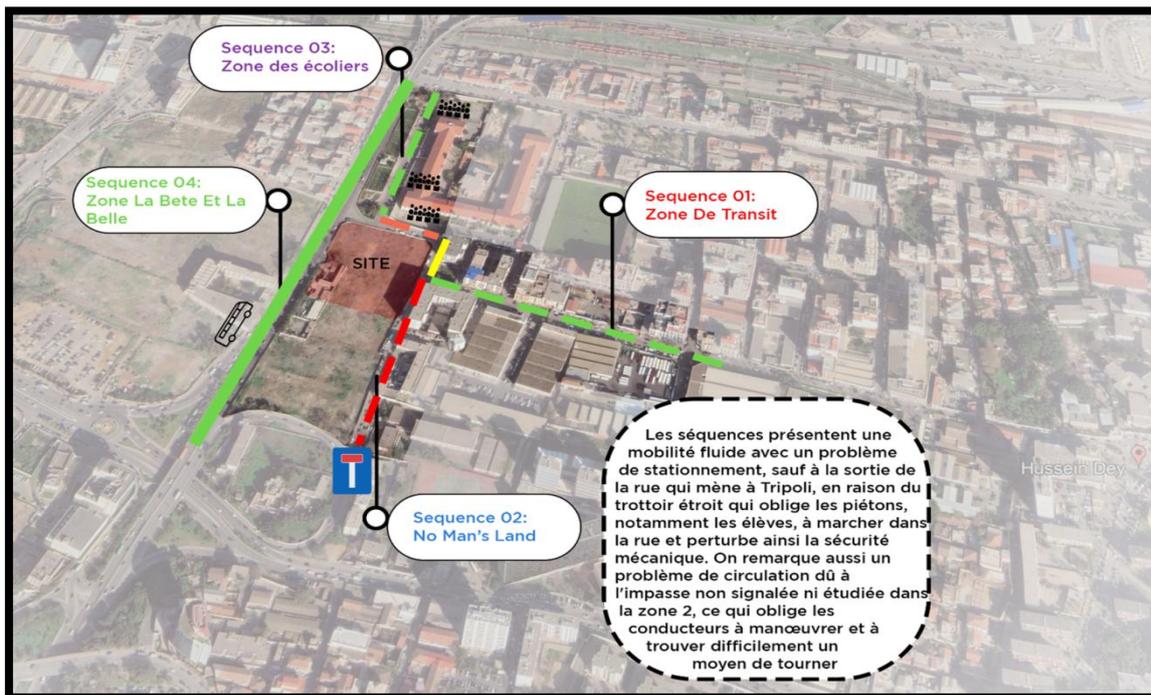


FIGURE 83 UNE CARTE REPRESENTATIF DE DIFFERENCE DE LA SENSATION DE MOBILITE( SOURCE : GOOGLE MAPS TRAITE PAR L'AUTEUR )

**L'acoustique:**

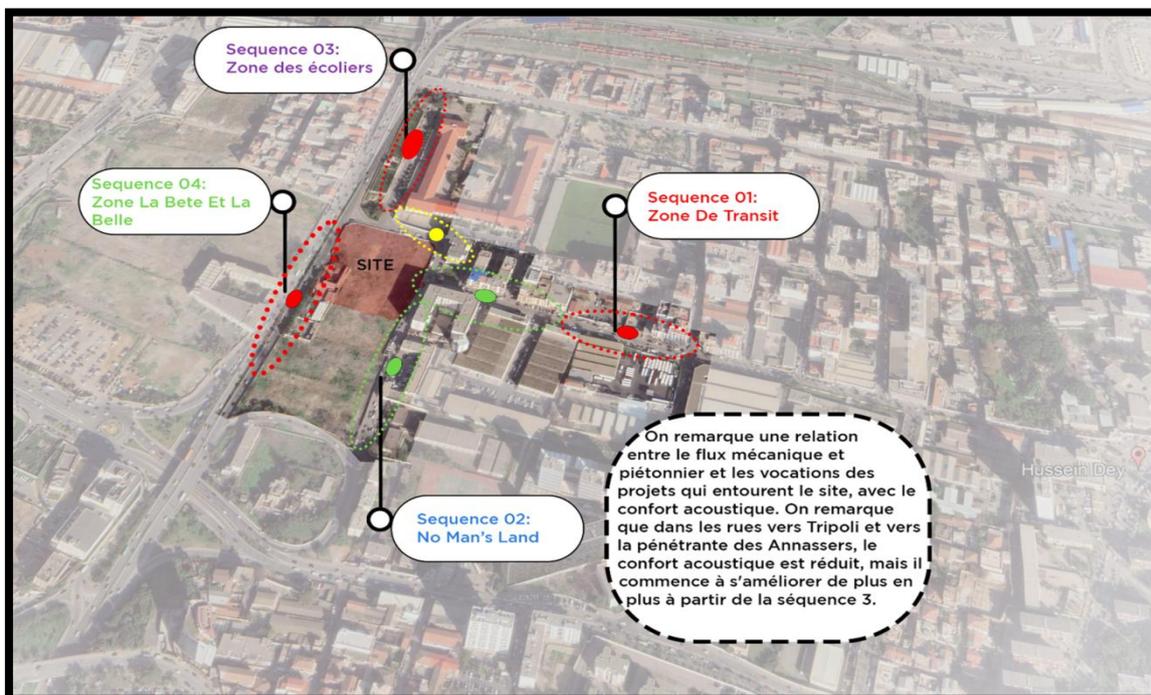


FIGURE 84 UNE CARTE REPRESENTATIF DE DIFFERENCE DE CONFORT SONORE SOURCE : GOOGLE MAPS TRAITE PAR L'AUTEUR )

### L'enquête:

Pour notre mémoire, nous avons réalisé une petite enquête adressée aux habitants du quartier afin de connaître leurs avis et sensations par rapport aux espaces. Pour cette recherche, Huit personnes sur Dix ont accepté de participer à cette enquête le 30/10/2024 de 10:00 à 15:00 (Résultat dans les annexes).

#### 3.9.2. Synthèse d'analyse séquentielle :

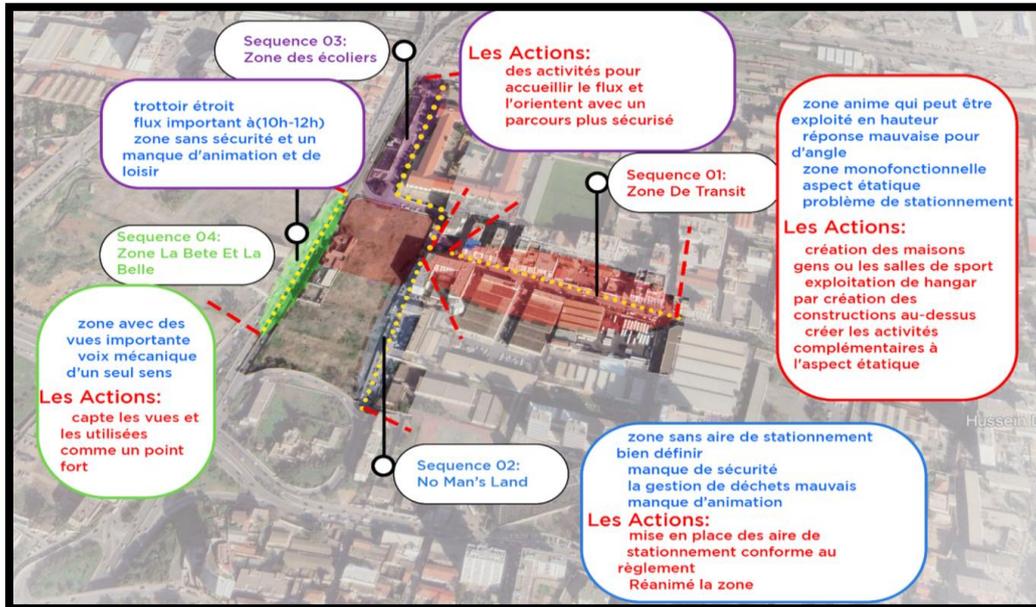


FIGURE 85 UNE CARTE REPRESENTATIF DE SYNTHESE ET LES ACTIONS URBAINE RECOMMANDE SOURCE : GOOGLE MAPS TRAITE PAR L'AUTEUR )

### 3.10. Analyse SWOT :

|                   |                            |   |                            |  |                      |
|-------------------|----------------------------|---|----------------------------|--|----------------------|
| <b>strengths</b>  | <b>Système parcellaire</b> | -forme rectangulaire du terrain<br>-permet une organisation précise des terrains, facilitant ainsi la planification et l'utilisation optimale des sols.<br>Présence de 4 façades  | <b>Système parcellaire</b> | -grande surface du terrain<br>-position à l'extrémité de la commune - fonction spécifique  | <b>opportunities</b> |
|                   | <b>système viaire</b>      | -limitation du terrain par une route à forte vitesse<br>-accessibilité facile - Réseau de transport public bien desservi<br>-Hiérarchisation du réseau viaire<br>-Réduction de l'isolement de certain quartier  | <b>système viaire</b>      | -Développement des transports en commun<br>-inclusion de la mobilité douce<br>- Intégration de technologies intelligentes (smart city.... signalisation)<br>-possibilité de faire un projet qui reçoit un grands public<br>-promotion du tourisme et des espaces public  |                      |
|                   | <b>Système bâti</b>        | - Présence des constructions de plus de R+7 permet Exploiter le potentiel paysager ; la baie d'Alger ; maqam chahid à travers la monumentalité  | <b>Système bâti</b>        | - favoriser la mixité fonctionnelle dans la zone   |                      |
|                   | <b>Système non bâti</b>    | - Présence du terrain vierge avec des surfaces importantes<br>- permet de concevoir un projet sans contraintes liées à des constructions existantes et concevoir des grandes aires jeux ; des parcs   | <b>Système non bâti</b>    | -Avec une grande surface disponible, on peut imaginer un projet intégrant plusieurs éléments ( projet + aire de jeux + parking )   |                      |
|                   | <b>séquentielle</b>        | flux important des élèves surtout à (10h-12h-14h)<br>— les magasins fermes à côté de projet —   | <b>séquentielle</b>        | — un site bien animé au début avec une accessibilité piétonne etwtr mécanique depuis 3 rue<br>-les vues sur les points de repère   |                      |
| <b>weaknesses</b> | <b>Système parcellaire</b> | -Difficultés dans la réaffectation et la densification<br>-Absence de réserves foncières pour les espaces publics   | <b>Système parcellaire</b> | -Pression de l'urbanisation rapide<br>-densification des parcelles<br>-risque de l'érosion de l'identité locale  | <b>threats</b>       |
|                   | <b>système viaire</b>      | manque de voies piétonnes et d'espaces de mobilité douce.<br>-Congestion routière fréquente -Insuffisance des parkings<br>-Réseau peu adapté aux transports publics modernes.<br>-mauvaise gestion des intersection et absence de feu de signalisation<br>-Encroisement par les commerces et activités informelles  | <b>système viaire</b>      | - L'occupation illégale ou informelle des espaces publics<br>-Les contraintes budgétaires qui peuvent limiter les investissements dans l'entretien et l'amélioration du réseau viaire.<br>-Mauvaise gestion de la croissance urbaine==planification inadéquate du réseau viaire<br>-Les fortes pluies ou les vagues de chaleur, pourraient endommager le réseau viaire |                      |
|                   | <b>Système bâti</b>        | État de bâti permet de faire un projet innovant et remarquable de l'ordinaire   | <b>Système bâti</b>        | - Contribuer dans la durabilité a travers une éco équilibre .  |                      |
|                   | <b>Système non bâti</b>    | - manque des aires de jeux structuré que ce soit a l'échelle du quartier / la commune<br>-nécessite souvent l'installation complète de nouvelles infrastructures alors le cout va étres élevés<br>-Peut poser des défis en termes de connexion aux services et d'attractivité initiale.<br>- La transformation d'un terrain vierge peut nécessiter des aménagements importants qui affectent la biodiversité locale ou le paysage naturel, surtout si la zone est très naturelle ou écologique. | <b>Système non bâti</b>    | - soumis à des réglementations strictes en matière de zonage ou de protection de l'environnement ( surtout pour obtenir l'autorisation )   |                      |
|                   | <b>Séquentielle</b>        | — un site bien animé au début avec une accessibilité depuis 3 rue<br>-les vues sur les points de repère   | <b>séquentielle</b>        | la dominance des activités de commerce et restauration de type identique<br>— l'insécurité de trottoir et des zones qui créent les poches vides dans le quartier<br>- les heures des points des habitants des logements  |                      |

### 3.11. Croisement de la méthode SWOT :

|           |  | opportunities  | threats   |
|-----------|--|--|---|
| strengths | <p><b>maximiser les opportunités</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- profiter de la position du site pour faire un projet qui va rajouter de la valeur au quartier par l'accentuation de la multifonctionnalité de l'environnement bâti</li> <li>- Activités culturelles et communautaires</li> <li>- proposer des projets de piste cycliste et piétonne pour animer les quartiers et les rendre plus agréables</li> <li>- Intégrer dans le projet des espaces verts/ libre pour favoriser la mixité fonctionnelle</li> <li>- Profiter de la connectivité disponible pour alimenter les projets avec des flux.</li> </ul> | <p><b>minimiser les menaces</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ajouter du mobilier urbain intelligent qui fait face au changement climatique afin de pousser les gens à marcher , explorer la commune et le quartier</li> <li>- Création du nouveau type de commerce et d'activité comme le loisir</li> <li>Réduire l'utilisation de voiture et assurer une circulation fluide pour réduire les encombrements dans les voies principaux</li> </ul> |   |
|           | weaknesses   | <p><b>corriger les faiblesses en tirant parti des opportunités</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intégrer des systèmes innovant pour minimiser la nuisance sonore des voitures (la voie mécanique) comme des barrières Antibruit végétalisées</li> <li>- démolir les friches urbaines, et les remplacer par des aménagements agréables afin d'améliorer la qualité paysagère de la commune</li> </ul>   | <p><b>minimiser les faiblesses et les menaces</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformer les terrains vacants ou friches industrielles en pôles culturels, parcs ou équipements communautaires.</li> <li>- Développer des espaces multifonctionnels combinant commerces, services et activités sociales.</li> </ul> |

#### Activités culturelles et communautaires :

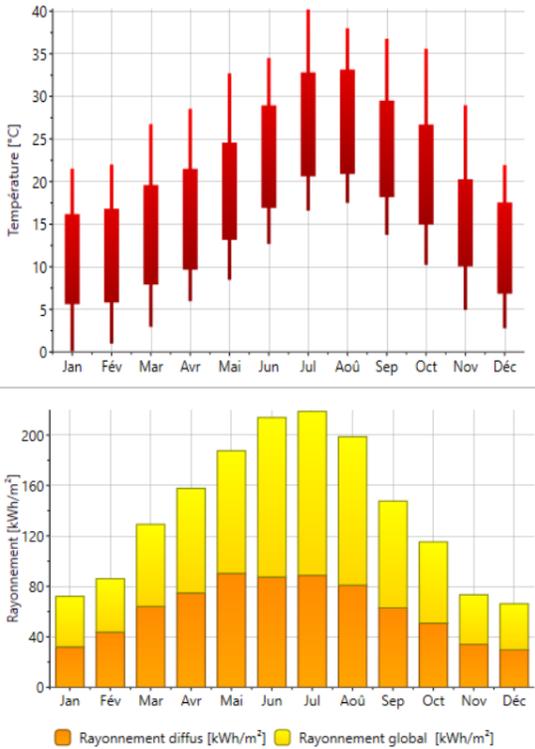
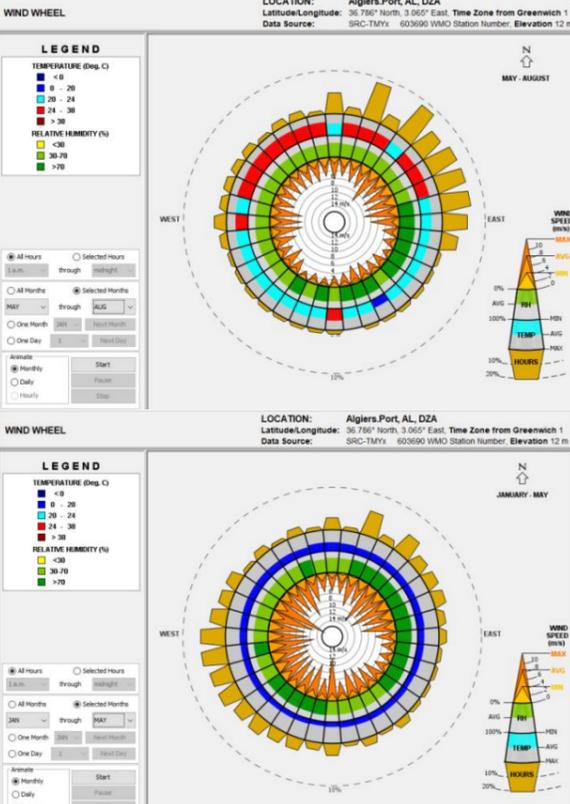
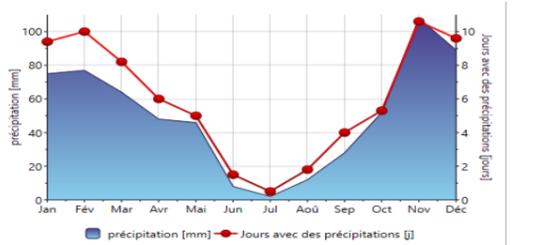
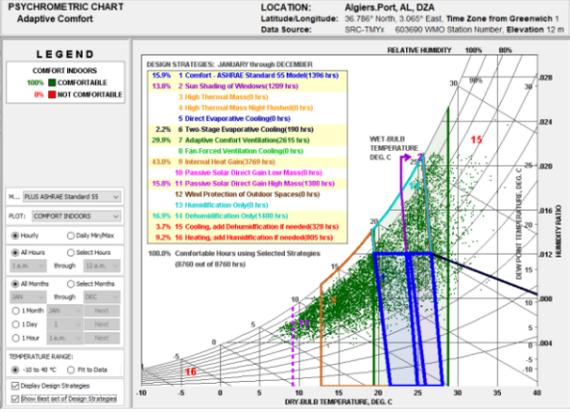
Il s'agit d'intégrer des espaces multifonctionnels destinés à accueillir des marchés locaux, des festivals et divers événements culturels qui mettent en valeur l'identité propre à Hussein Dey. Ces lieux seront également conçus pour accueillir les associations locales, favorisant ainsi l'engagement citoyen et la vie communautaire. Par ailleurs, des espaces dédiés à des ateliers communautaires, des expositions ou des activités éducatives liées à la mer et à l'environnement permettront de sensibiliser le public tout en dynamisant le tissu social et culturel de la commune. Cette approche vise à créer un cadre vivant et participatif, où culture, éducation et interaction sociale se conjuguent au service de la communauté.

### 3.12. Stratégie globale:

**La revitalisation** de la côte ouest d'Hussein Dey vise à allier durabilité, convivialité et innovation grâce à une approche intégrée. Les interventions incluent la création de voies piétonnes et de mobilité douce avec le « parcours du Dey », la gestion des déchets par aspiration pneumatique, l'aménagement d'espaces publics végétalisés, l'intégration de parkings intelligents, l'installation de barrières vertes antibruit, et le développement d'espaces libres pour favoriser la mixité fonctionnelle et valoriser les vues panoramiques.



3.13. Analyse climatique de la commune de l'Hussein dey :

| Rayonnement   | Remarque et recommandation   | Les vents   | Remarque et recommandation  |
|---|--|---|---|
|   | <p>Vu que la température saison du la commun qui atteindre commune qui atteindre 40.2 c° dans l'été et jusqu'à 0.1 c° dans l'hiver.</p> <p><b>Recommandation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>On recommande faire l'appui sur les matériaux avec une haute inertie thermique pour capter les gains de chaleur solaire et les ont profiter plus tard</li> <li>L'utilisation des MCP pour améliorer les paramètres thermiques en Revenge avoir le confort thermique.</li> <li>L'orientation et le positionnement correct des ouvertures</li> <li>Une réflexion adéquate sur les moyennes de rafraîchissement et de chauffe le bâtiment soi économiquement soi naturellement</li> </ul> |   | <p>On a extrait deux roses de vent, une pour chaque saison (été et l'hiver)</p> <p><b>Pour l'hiver:</b></p> <p>On remarque les vents dominants avec une température entre (20 et 0) soufflent avec une vitesse excessive qui peut atteindre jusqu'à les 14 m/s focaliser dans deux direction; vitesse de vents plus rapide on l'ouest mais est moine rapide on sud-ouest. Avec une brise de vents de 12 m/s dans le coté nord-est.</p> <p><b>Recommandation:</b></p> <p>On recommande que on faire une protection contre les vents dominants au même temps les rediriger et les utiliser pour la ventilation naturelle surtout pour les espaces avec des gaines internes élevé.</p> <p><b>Pour l'été:</b></p> <p>On remarque que les vents plus défavorable sont au nord-est de projet avec une humidité de 30 à 70 %</p> <p><b>Recommandation:</b></p> <p>L'utilisation des façons de déshumidification ou l'orientation des ouvertures correct pour éviter ces vents.</p> |
| <p>Précipitation</p>  | <p>Remarque et recommandation</p>  | <p>Diagramme de szokolay</p>  | <p>Remarque et recommandation</p>   |
|  <div data-bbox="181 1549 736 1793" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Valeur de l'indice</b></p> <p>0 &lt; IDM &lt; 5</p> <p>5 &lt; IDM &lt; 10</p> <p>10 &lt; IDM &lt; 20</p> <p>20 &lt; IDM &lt; 30</p> <p>30 &lt; IDM &lt; 55</p> <p><b>Type de climat</b></p> <p>Hyper aride</p> <p>Aride</p> <p>Semi-aride</p> <p>Sub-humide</p> <p>Humide</p> </div> | <p>Par rapport au niveau de précipitation de 672 mm et la température moyenne durant l'année de 19.65 on peut utiliser l'indice d'aridité de Martonne est déterminée que Hussein dey partaient d'un étage climatique subhumide</p> <p><b>Recommandation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>On propose l'utilisation de végétation que peut support ce type de climat</li> <li>Une réflexion abordée sur la façon de la canalisation des eaux pluviales vers les égouts pluviaux</li> </ul>  |  | <p>Grâce du diagramme psychométrique nous montre que durant l'année le projet a une évaluation de confort 1.6/10 du confort thermique grâce aux pique de chaleur ont été et chute de température en hiver.</p> <p><b>Le tableau recommande aussi que:</b></p> <p>Rafroidissement et rafraîchissement naturelle = 43.7%</p> <p>Chauffage naturelle = 43 %</p> <p>Donc une recommande l'optimisation de l'enveloppe pour atteindre une évaluation de 8.67/10</p>  |

### 3.14. LE PROJET :

Notre projet de fin d'étude se caractérise par les fonctions mères suivantes :

#### **Commerce:**

La raison d'être de cette fonction est de renforcer l'interaction entre les bâtiments avoisinants et notre zone dite "morte". Ainsi, l'emplacement idéal pour implémenter cette fonction se situe juste à côté des bâtiments.

#### **Loisir:**

C'est le cœur du projet et l'élément central de notre objectif principal : rendre la zone plus attractive. Cette fonction, générant une forte nuisance sonore, trouve son emplacement idéal à proximité de l'autoroute. Le secteur dédié au loisir fera office de façade du projet et constituera son principal point d'attraction

#### **Restauration:**

La restauration constitue un espace de transition entre le loisir et le commerce. Elle répond également à une nécessité climatique, en facilitant l'adaptation entre deux environnements distincts. Ainsi, elle joue le rôle d'un espace tampon, assurant une transition harmonieuse entre ces deux zones.

#### **Administration et services:**

Le meilleur emplacement pour cette partie est au centre du projet, afin de mieux contrôler tous ses aspects. En effet, la zone centrale jouera un rôle clé en tant que point de convergence et de distribution des flux, garantissant ainsi une organisation optimale.

#### **Partie architectural :**

##### *3.14.1. L'idée de projet :*

Dans le chemin de la conception architecturale, il y a eu une série d'enjeux qui doivent être adressés à travers le projet proposé, par une réflexion sur les différents composants : (le site, le programme, les valeurs et les sentiments souhaités par cet ouvrage).

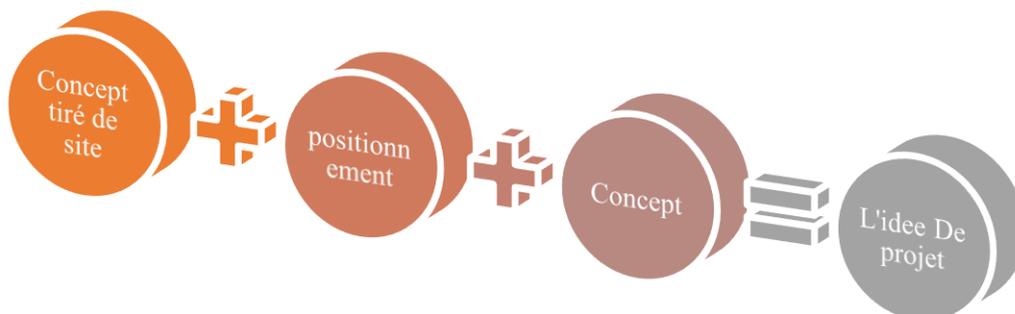


FIGURE 86 SCHEMA REPRESENTATIF DES ETAPES DE LA NAISSANCE D'IDEE DE PROJET ( SOURCE : AUTEUR)

### 3.14.2. La naissance de l'idée de projet :

La commune de Hussein Dey a une valeur historique, géographique et économique **renforcée** par la fluidité des infrastructures, les facilités de transport, notamment la voie ferrée qui est parallèlement juxtaposée à la ligne de tramway allant de Ruisseaux jusqu'à Dergana. Elle bénéficie également d'une accessibilité importante via l'autoroute d'Alger (RN5) et de la proximité de l'agence de transport de Caroubier, ce qui rend ce quartier un point stratégique qui n'a pas été exploité. Cependant, cela a contribué à la diminution de sa valeur touristique et économique. Parmi les solutions envisagées, la revitalisation du quartier permettrait d'augmenter son attractivité ainsi que sa valeur économique.

#### I. L'exclusivité :

En utilisant diverses recherches et questionnaires, et en analysant finalement une critique en tant qu'acteurs et en même temps utilisateurs sur l'état des activités de loisirs et de leur répétition dans différents centres, nous avons remarqué un manque de variété dans les espaces de loisirs et les activités. Nous avons également constaté une croissance de la popularité du "gaming", ce qui nous a donné l'idée de combler ce vide par une série d'activités intéressantes et exclusives.

#### II. Dynamisme :

Avec l'esprit d'être marquant et la nature de caractère commercial du projet, on a décidé d'utiliser le dynamisme qui introduit une notion de mouvement, de flexibilité et de transformation dans la conception des espaces. Contrairement aux formes figées et statiques, un design dynamique capte l'attention, stimule la curiosité et crée une expérience spatiale engageante pour les usagers. Il permet de jouer avec la lumière, les volumes, les perspectives et les parcours, offrant ainsi une richesse visuelle et fonctionnelle. C'est cette capacité à évoluer et à dialoguer avec le contexte, les usages et les émotions qui rend la conception architecturale dynamique particulièrement intéressante, pertinente et mémorable.

### 3.14.3. Schéma de principe et genèse de projet :

La conception de notre projet s'articule autour d'une logique contextuelle, attribuée à la recherche et à l'analyse de la commune par diverses méthodes et au ressenti acquis lors des plusieurs visites par les différents membres concepteurs.



FIGURE 87 SCHEMA REPRESENTATION DE LE POSITIONNEMENT ET LES ETAPES DE CONCEPTION ARCHITECTURAL ( SOURCE : AUTEUR)

#### 3.14.4. Genèse de la forme :

Pour la matérialisation de notre idée de projet, la première étape dans le langage architectural est d'intégrer le projet au site en fixant les axes du projet et les points d'ancrage du projet.

#### Étape 01 : Ancrage urbaine :

##### Dans le plans 2D:

1/Un recul de 4 mètres est prévu afin de créer une piste permettant aux véhicules de ralentir en toute sécurité.

2/La division du terrain résulte de l'aboutissement d'un ancien axe issu de Tripoli.

3/Le volume (violet) qui comprend l'activité de loisir est positionné le long de la voie la plus fréquentée, caractérisée par un environnement bruyant, afin de jouer un rôle de barrière sonore et d'avoir un effet de masque.

4/Le volume (rouge) qui comprend l'activité de commerce est implanté à proximité des habitations et accueille une fonction plus calme, représentée par le commerce.

5/Le volume (jaune) qui comprend la circulation horizontale assure la liaison entre les deux autres volumes et intègre la maison d'accueil.

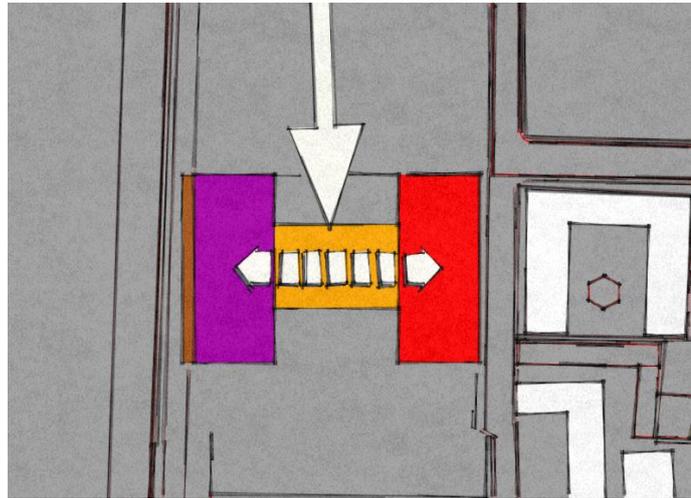


FIGURE 88 SCHEMA 2D DE 1<sup>ER</sup> ETAPE DU GENESE ( SOURCE : AUTEUR )

##### Dans le plans 3D:

1/L'utilisation d'un gabarit de R+ 3 permet de créer une mixture de monumentalité et d'horizontalité, en respectant le canyon urbain entre le projet et les bâtiments d'habitation mitoyens, tout en maintenant leur intimité. En même temps, cela respecte le règlement qui prévoit un CES de 5.4.

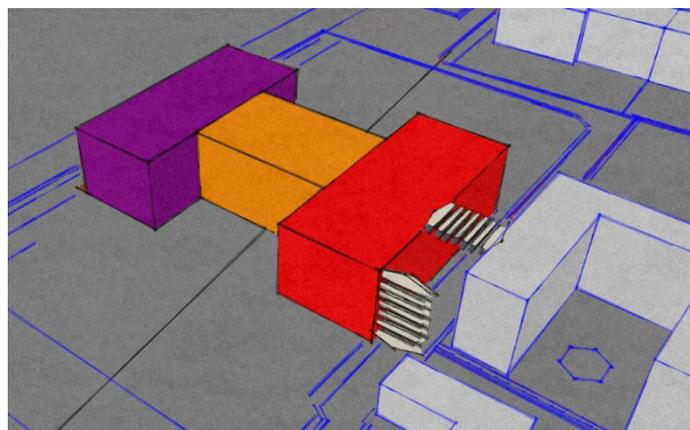


FIGURE 89 SCHEMA 3D DE 1<sup>ER</sup> ETAPE DU GENESE ( SOURCE : AUTEUR )

## Etape 02 : ancrage environnementale

### Dans le plans 2D :

1/Cette friche urbaine contient des vues importantes que l'on souhaite mettre en valeur et renforcer par des éléments paysagers, à travers l'attribution d'axes ponctuels.

2/Ces axes vont jouer un rôle d'éléments de limite de la forme. Ils se caractérisent par une forme dynamique afin de donner une sensation de découverte et de mouvement.

3/Profiter de la dépression créée par les deux axes pour la création d'un espace commun urbain qui agira comme un espace d'accueil du public.

4/La naissance d'un troisième axe, créé par le sommet des dépressions et la mise en place d'un patio central, qui jouera le rôle d'un espace d'articulation entre les deux fonctions.

Recul de la forme centrale afin d'identifier les axes qui expriment le potentiel paysager du site.

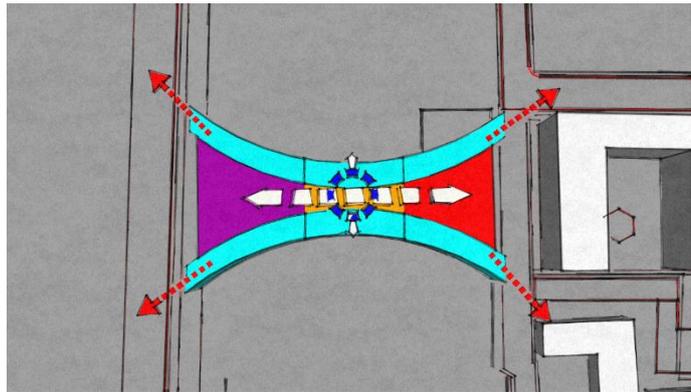


FIGURE 90 SCHEMA 2D DE 2<sup>EME</sup> ETAPE DU GENESE ( SOURCE : AUTEUR )

### Dans le plan 3D :

Faire un croisement et une différence de niveau pour les volumes qui expriment le potentiel paysager, afin de donner une sensation de mouvement.

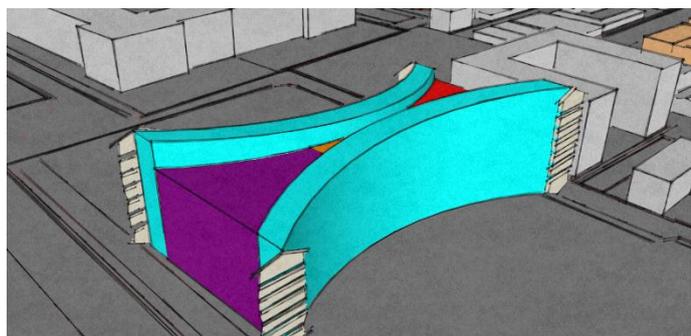


FIGURE 91 SCHEMA 3D DE 2<sup>EME</sup> ETAPE DU GENESE ( SOURCE : AUTEUR )

**Etape 03 : ancrage architecturale et identitaire :****Dans le plan 2D :**

Création d'espaces réguliers pour assurer la fonctionnalité des activités de loisir tout en profitant de la façade sud, afin d'assurer à la fois une quantité adéquate d'éclairage et de capter l'énergie solaire grâce à des panneaux photovoltaïques, avec une disposition complémentaire aux ouvertures.

Marquer l'axe principal par l'addition d'un volume monumental.

Mise en place d'un espace extérieur dédié à l'urbain dans le but d'augmenter la sensation de sécurité.

Le cumul de jardins servira précisément à respecter le règlement de POS avec un COS de 70 %.

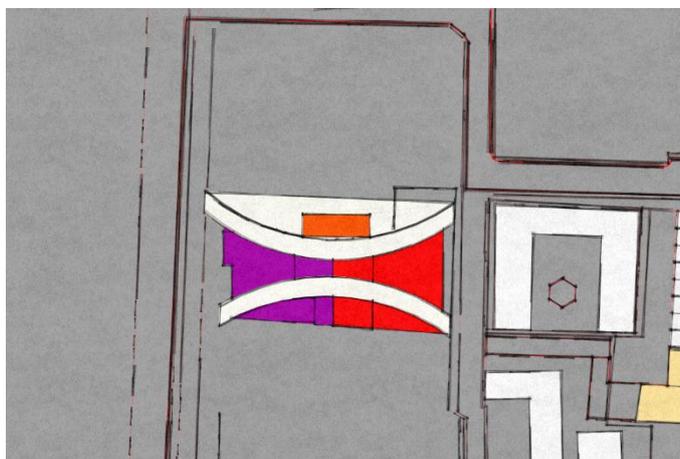


FIGURE 92 SCHEMA 2D DE 3<sup>EME</sup> ETAPE DU GENESE ( SOURCE : AUTEUR )

**Dans le plan 3D :**

L'utilisation de moucharabihs modernisés pour assurer un certain niveau de confort thermique, tout en évoquant une page importante de l'histoire

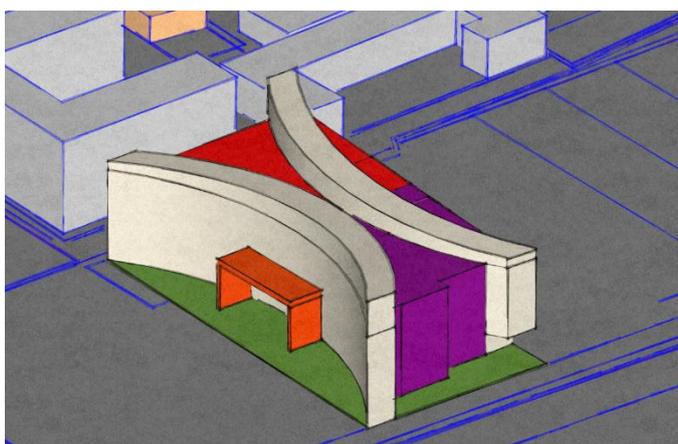


FIGURE 93 SCHEMA 3D DE 3<sup>EME</sup> ETAPE DU GENESE ( SOURCE : AUTEUR )

### 3.14.5. Façades :

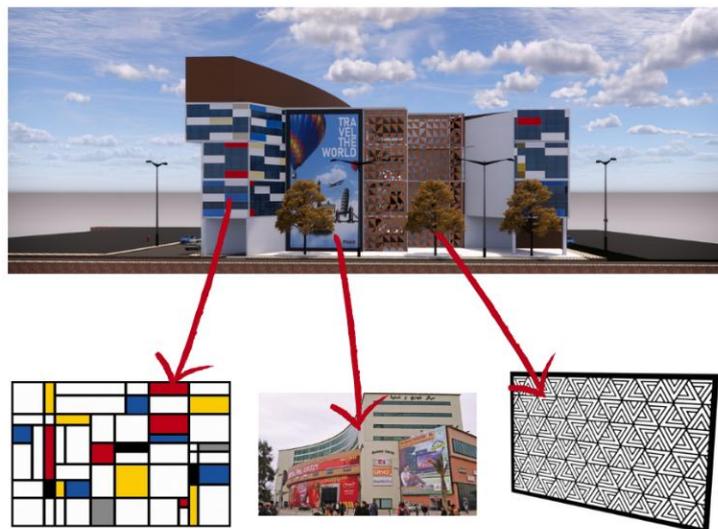
Le projet puise son inspiration dans les œuvres de Mondrian, en intégrant des couleurs vives telles que le rouge, le jaune, le bleu et le blanc, appliquées avec discernement sur les différentes façades. Ces teintes sont utilisées de manière relative, en fonction des usages et des orientations des volumes.

Le côté loisirs, situé en bordure d'autoroute, joue un rôle clé en matière de visibilité : il fonctionne comme un repère visuel, presque comme un phare, destiné à capter l'attention des automobilistes. Pour renforcer cet effet, le rythme architectural y est plus dynamique, les couleurs plus affirmées, et des écrans lumineux publicitaires y sont intégrés. Ces dispositifs participent à maximiser l'attractivité commerciale de la façade, en assurant une communication visuelle directe et efficace.

À l'inverse, les espaces commerciaux adoptent un langage plus apaisé: le rythme y est allégé, les couleurs atténuées, avec une dominance de blanc, de transparence et de vitrages bleutés. Cette sobriété crée une ambiance raffinée, tout en évoquant une relecture contemporaine de l'univers de Mondrian.

L'introduction de moucharabieh fait également référence à l'identité architecturale locale, héritée de l'époque ottomane. Ces éléments filtrants apportent à la fois une richesse esthétique et une régulation lumineuse naturelle.

Enfin, des panneaux photovoltaïques sont intégrés en façade sud. Leur teinte bleutée s'harmonise avec celle des vitrages, affirmant l'alliance entre design, mémoire du lieu et engagement environnemental.



3.14.6. *La trame structurelle :*

Nous avons adopté une logique de trame visant à prévoir une portée de 12 x 8 mètres pour les espaces destinés aux activités les plus exigeantes. Cette trame est alternée avec une trame de 5 x 8 mètres pour les espaces moins contraignants, permettant ainsi une optimisation structurelle et fonctionnelle. Ce système assure à la fois le bon fonctionnement du sous-sol et l'intégration harmonieuse des deux formes courbes.

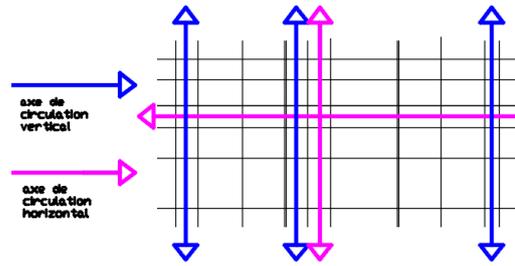


FIGURE 94 SCHEMA REPRESENTATIF DE TRAME STRUCTURELLE (SOURCE : AUTEUR)

3.14.7. *Système structurelle des blocs :*

En fonction de la composition formelle du projet et afin d'obtenir de grandes surfaces évidées pour assurer un bon fonctionnement des activités de loisirs et de commerce, on a opté pour une structure métallique.

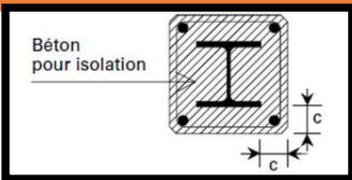
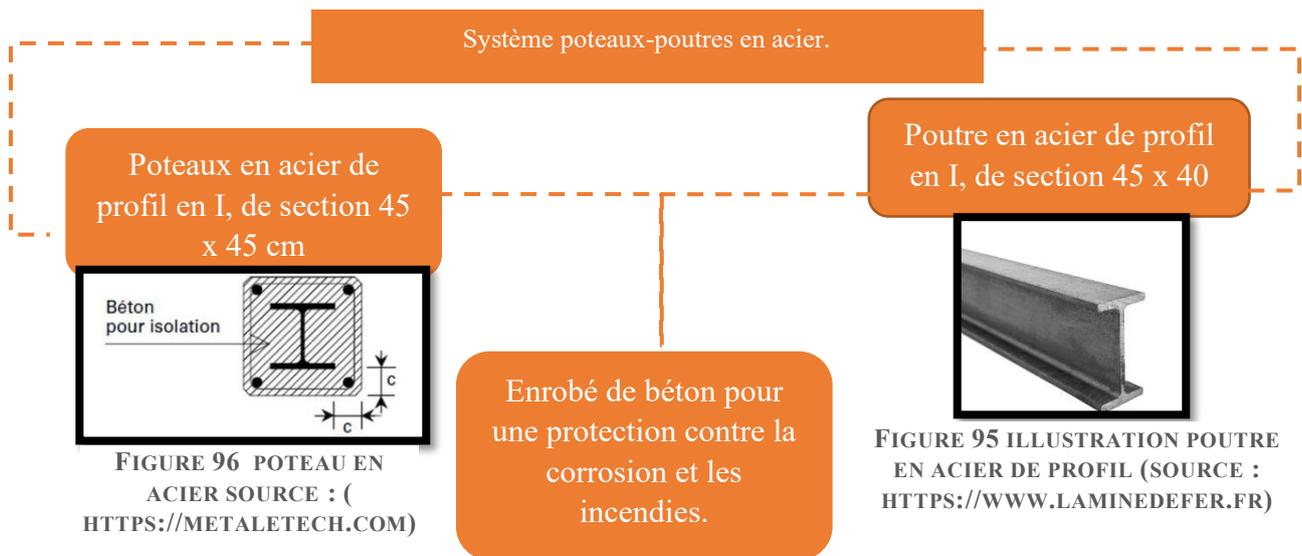


FIGURE 96 POTEAU EN ACIER SOURCE : ([HTTPS://METALETECH.COM](https://metaletech.com))

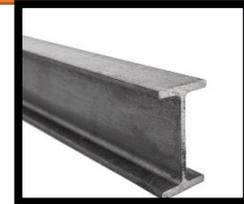


FIGURE 95 ILLUSTRATION POUTRE EN ACIER DE PROFIL (SOURCE : [HTTPS://WWW.LAMINEDEFER.FR](https://www.laminedefer.fr))

Par rapport aux formes curvilignes, après notre visite du Salon National de la Construction et une conversation avec des ingénieurs compétents, on a opté pour les poser sur des poteaux de socle tout en les supportant en même temps avec le système constructif LGS.



FIGURE 97 SYSTEME CONSTRUCTIVE SOURCE : (LGS [HTTPS://LGS-MONTAZNE-KUCE.COM](https://lgs-montazne-kuce.com))

### 3.15. Optimisation énergétique par amélioration de qualité d'enveloppe :

#### 3.15.1. Recherche des indicateurs les plus influents à travers les simulation :

Afin de mettre en place et de positionner les espaces avec des exigences particulière d'éclairage et de ventilation pour d'atteindre un confort visuel et thermique, nous avons alimenté notre conception architecturale dans la phase d'esquisse par une simulation tirée d'une analyse climatique et des données climatiques extraites à l'aide des logiciels (Meteonorm et Climate Consultant v6), par la réalisation d'un un archétype de 15 x 27 x 4.93 m modélisé par DesignBuilder, avec une modification des variables pour l'évaluation de ces paramètres sur la consommation énergétique de climatisation de notre projet, dans le but d'aboutir à un NZEB (voir le tableau ci-dessous).

TABLEAU 10 LES PARAMETRES D'ENTREES DES SIMULATIONS. SOURCE : AUTEUR

| Espaces                             | Orientation   | Dimensions  | Vitrage  | Taux de vitrage | paroi               | Plancher                                    | Dispositif de contrôle solaire |
|-------------------------------------|---|-------------|--|-----------------|---------------------|---|--------------------------------|
| Aire de jeux ( espaces de bowling ) | Sud<br>Sud-ouest<br>Sud est<br>Nord<br>Nord-est<br>Nord-ouest<br>Ouest<br>est | 27x15x4.93m | -Simple  | 20%             | Double              | Plancher typique d'un conductivité de 0.403 | Sans                           |
|                                     |   |             | -Double + lame d'air   | 40%             | -ement Double       |   | Boxes                          |
|                                     |   |             | -Double améliore par un gaz d'argon une feuille d'émissivité |                 | -ement Avec isolant |   | Verticale de 0.5 m             |
|                                     |   |             | -Triple vitrage  | 60%             | Mur trombe          |   | Horizontale de 1m              |

TABLEAU 11 TABLEAU DES PARAMETRE THERMIQUE DES MATERIAUX DES PAROI CHOISIE ( SOURCE : AUTEUR )

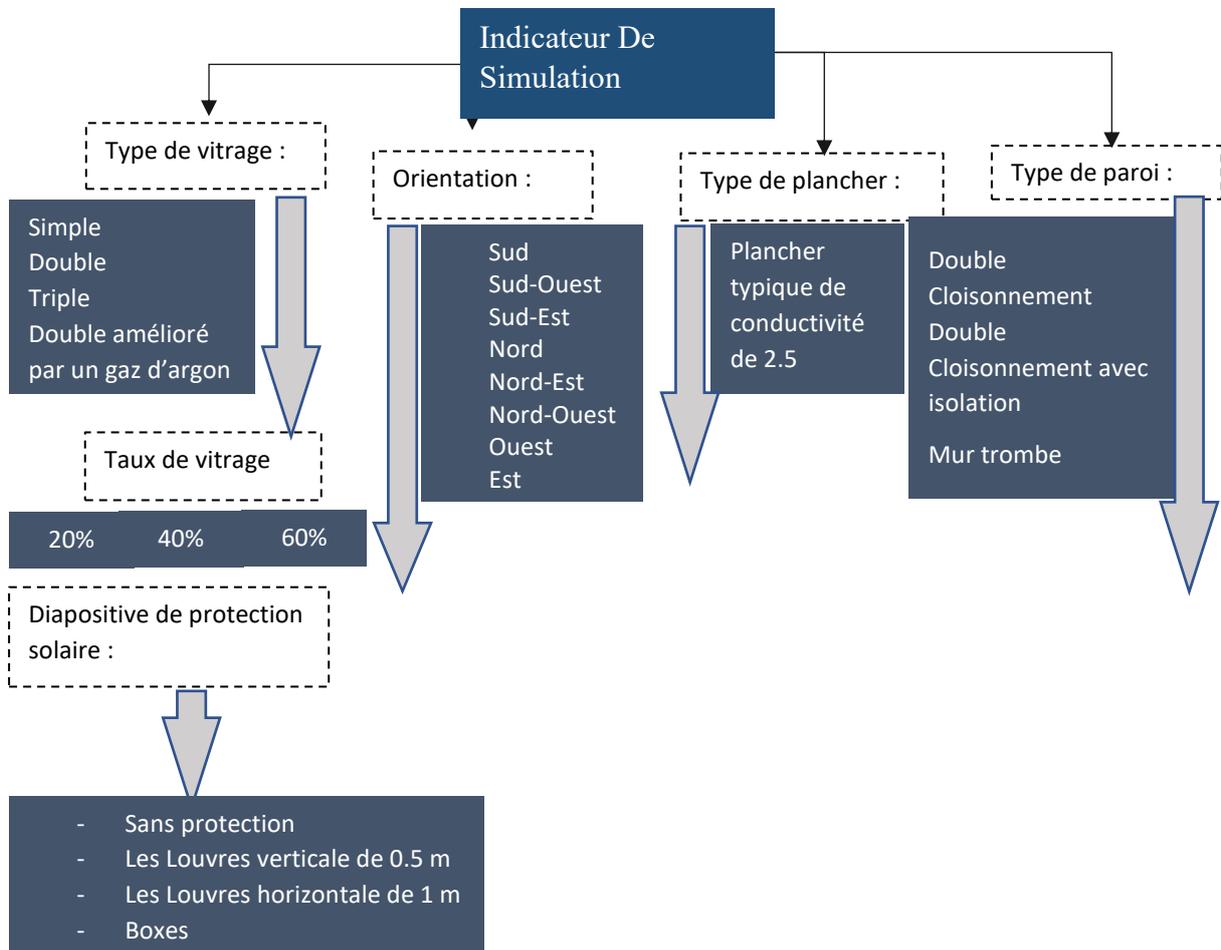
|               |  |  |                           |
|---------------|--|--|---------------------------|
| Type De Paroi | Double Cloisonnement typique avec lame d'air | Double Cloisonnement avec isolation polyuréthane | Brick cellulaire          |
| conductivité  | 1.333( w/m <sup>2</sup> .k)                  | 0.222( w/m <sup>2</sup> .k)                      | 0.7( w/m <sup>2</sup> .k) |

TABLEAU 12 TABLEAU DES PARAMETRE THERMIQUE DES MATERIAUX DES PAROI CHOISIE ( SOURCE : AUTEUR )

|                 |                             |                                  |   |                            |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------------|---|----------------------------|
| Type De vitrage | Vitrage triple              | Vitrage simple (single bleu 6mm) | Double vitrage amélioré avec gaz argon une feuille d'émissivité | Double vitrage normale     |
| conductivité    | 1.75 ( w/m <sup>2</sup> .k) | 5.778( w/m <sup>2</sup> .k)      | 1.54( w/m <sup>2</sup> .k)                                      | 2.66( w/m <sup>2</sup> .k) |

3.15.2. Protocole de simulation :

La figure suivante présente le schéma détaillé de la grille de simulation de climatisation de l'espace de travail, incluant les indicateurs à simuler.



Interprétation des résultats :

Grâce à l'utilisation de degisnBuilder et de la méthode de l'hypercube latin qui est appliquée au nombre total de simulations que nous avons calculé à 432 en fonction du nombre de variables, nous avons rassemblé un total de 68 correspondant à 15% qui est suffisant pour nous accorder une revue totale de l'électricité qui est utilisée pour le refroidissement par m<sup>2</sup>.

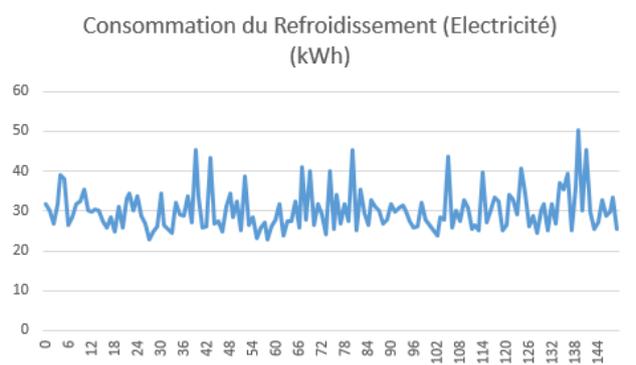


FIGURE 98 GRAPHE DE COMPARAISON DE CONSOMMATION ENERGETIQUE DE REFOUDDISEMENT ANNUAL PAR M<sup>2</sup> ( SOURCE : AUTEUR )

Lecture : Nous avons remarqué que sur les 68 itérations nous avons des résultats différents avec 3 solutions optimales : Itération 27 (22.92 kwh/m<sup>2</sup>) (100%) Itération 58 (22.95 kwh/m<sup>2</sup>) (101.29%) Itération 55 (23.31 kwh/m<sup>2</sup>) (102.74%)

**Interprétation :** Nous pouvons remarquer que les paramètres différents entre les 3 premières itérations avec la plus faible consommation de refroidissement sont le type de vitrage et le type de protection solaire. Nous pouvons conclure que le taux de vitrage de 20 % est le plus optimale avec une paroi en brick cellulaire au façade nord.

TABLEAU 13 TABLEAU DES RESULTAT DES 3 MEILLEUR ITERATION ( SOURCE : AUTEUR )

| Itération | Taux De Vitrage % | Paroi            | Orientation | Type De Vitrage                                | Protection Solaire     |
|-----------|-------------------|------------------|-------------|--|------------------------|
| 27        | 20                | brick cellulaire | nord        | Vitrage simple blue 6 mm                       | 0.5m projection Louvre |
| 58        | 20                | brick cellulaire | nord        | Double vitrage 6mm avec un lame d'air de 13 mm | 0.5m projection Louvre |
| 55        | 20                | brick cellulaire | Nord        | Vitrage simple blue 6 mm                       | Sans                   |

Interprétation : D'autre part, dans notre conception du projet, on a minimisé l'utilisation des dispositifs de protection solaire pour les raisons esthétiques et au même temps fonctionnelle, pour assurer que les panneaux photovoltaïques intégrer avec le vitrage de façade sud vont avoir leur productivité maximale. Pour ce cas les meilleures itérations sont :

112 (26.43 kwh/m<sup>2</sup>/an)

103 (28.55 kwh/m<sup>2</sup>/an)

TABLEAU 14 TABLEAU DES ITERATION FAVORABLE DANS LE CAS D'ETUDE

| Itération | Taux De Vitrage % | Paroi                                   | Orientation | Type De Vitrage                                  | Protection Solaire |
|-----------|-------------------|---|-------------|--|--------------------|
| 112       | 20                | Brick cellulaire                        | Sud         | Vitrage simple blue 6 mm                         | Sans               |
| 103       | 20                | Double cloison en brick avec lame d'air | sud         | Triple vitrage avec 3mm avec lame d'air de 13 mm | Sans               |

Seuils de performance de projet :

Les résultats de la simulation ont montré que notre projet peut atteindre une consommation énergétique de **22,92 kWh/m<sup>2</sup>/an**, uniquement grâce à l'optimisation des caractéristiques thermiques de l'enveloppe, sans encore intégrer d'autres facteurs pouvant influencer ce résultat, tels que la nature des activités (comme les commerces à métabolisme réduit), la présence d'un patio, ou encore les systèmes CVC mis en œuvre.

Dans le but de réduire davantage cette consommation et d'obtenir de meilleurs résultats, nous avons exploré l'intégration des énergies renouvelables comme levier secondaire vers un

bâtiment à énergie quasi nulle (Nearly Zero Energy Building – NZEB). Pour cela, nous avons opté pour une technologie innovante : le BIPV/T (Building Integrated Photovoltaic-Thermal).

Ce système multifonctionnel permet simultanément la production d'électricité et l'amélioration du confort thermique. Il repose sur la circulation d'un fluide (air ou eau) entre les panneaux photovoltaïques et la paroi du bâtiment. Ce fluide joue un rôle crucial en refroidissant les cellules photovoltaïques, ce qui améliore leur rendement et prolonge leur durée de vie. De plus, les panneaux BIPV/T sont intégrés à l'enveloppe architecturale, contribuant ainsi à l'isolation thermique du bâtiment. En créant un espace ventilé entre les panneaux et le support (mur ou toiture), ils permettent de réduire la température intérieure de 5 à 10 °C (Source : Baseem A. Aljashaami, 2025).

Ainsi, le système BIPV/T agit de manière synergique sur deux plans : il produit de l'énergie renouvelable tout en diminuant les besoins en climatisation, renforçant significativement la performance énergétique globale du bâtiment. Grâce à cette intégration, nous avons pu réduire la consommation énergétique initiale de **22,92 kWh/m<sup>2</sup>/an à environ 12 kWh/m<sup>2</sup>/an**, atteignant ainsi les **seuils de performance recommandés pour les NZEB dans plusieurs pays**, comme illustré dans le Tableau 1 de l'état de l'art.

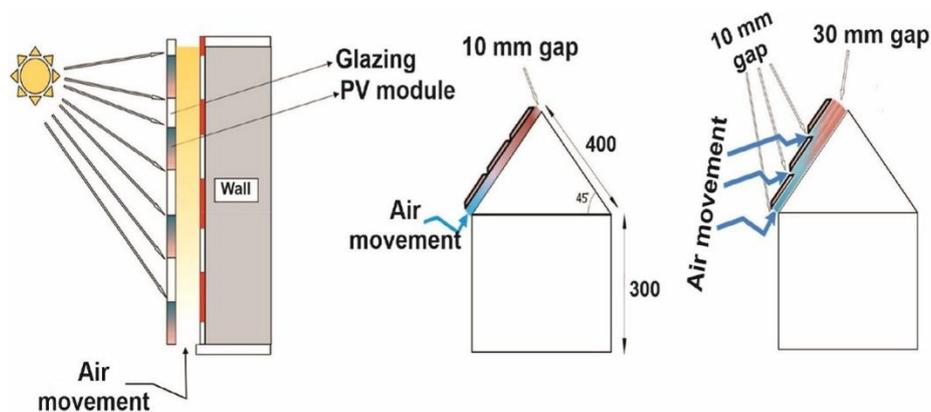


FIGURE 99 SCHEMA DE LE SYSTEME BIPV/T (SOURCE: BASEEM A. ALJASHAAMI, 2025).

3.15.3. Classification des indicateurs :

Le graphe ci-contre montre le classement des indicateurs selon leur importance par l'utilisation de CRS (coefficient de régression standardisé) dans l'explication des besoins en froid :

En première position, on trouve le taux de vitrage dans les façades avec un CRS de +0.59. En deuxième position vient L'orientation du bâtiment avec un CRS de +0.37. Ensuite, les dispositifs de protection solaire présentent un CRS de -0.31. Le type de vitrage suit avec un CRS de +0.21, et enfin, les parois extérieures affichent un CRS de -0.16.

Nous pouvons donc remarquer que Le type de vitrage et le matériau utilisé dans les parois ne sont pas de la plus haute importance pour réduire l'énergie de refroidissement, mais d'un autre côté, la quantité est la plus importante, nous recommandons donc la réduction de la surface vitrée et l'utilisation de verre à haute performance avec l'utilisation judicieuse de types d'ombrage locaux où l'utilisation incorrecte de certains types peut entraîner des effets négatifs.

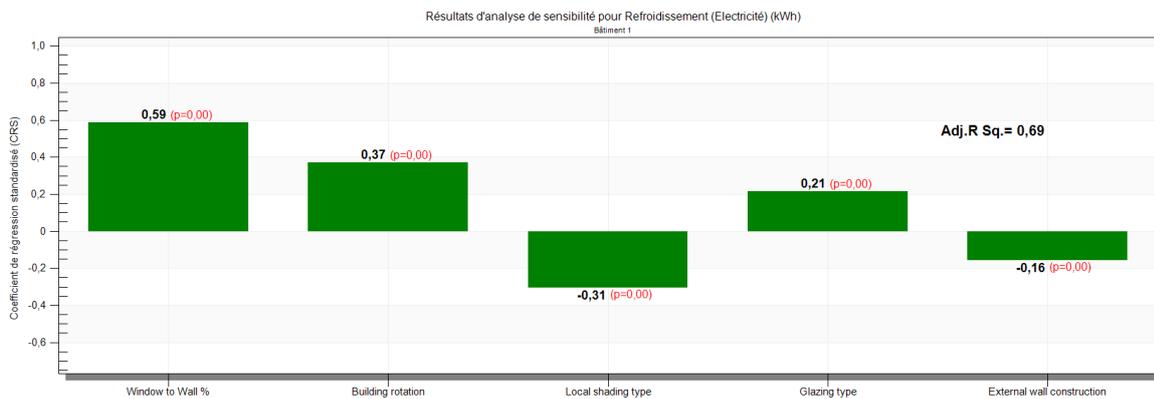


FIGURE 100 GRAPHE DES RESULTATS D'ANALYSE DE SENSIBILITE POUR REFROIDISSEMENT ( SOURCE : AUTEUR )

Pour la synthèse on va présenter un tableau des paramètres optimaux pour chaque façade pour la moindre consommation énergétique

| Façade | Taux de vitrage | Type de vitrage  | Paroi            | Protection solaire      |
|--------|-----------------|--|------------------|-------------------------|
| Sud    | 20%             | -Double améliore par un gaz d'argon une feuille d'émissivité | Brick cellulaire | 1m overHang             |
| Ouest  | 20 %            | Simple vitrage 6mm   | Brick cellulaire | .5 protection Louvre    |
| Est    | 20%             | Double vitrage 6mm/13 d'air                                  | Brick cellulaire | 0.5 protection Louvre   |
| Nord   | 20%             | Simple vitrage 6mm   | Brick cellulaire | 0.5 m protection Louvre |

# **Chapitres IV : Conclusion**

## 4.1. Conclusion générale :

D'après plusieurs recherches sur notre thématique : Nous avons établi que le changement climatique constitue une véritable menace pour toutes les formes de vie sur Terre et peut dévaster de nombreuses espèces, y compris nous. Les chercheurs ont conclu que nous menons une lutte contre la montre pour prévenir de nouvelles atteintes à notre mode de vie et assurer la pérennité des générations futures. Nous avons réussi, dès notre conception, à réduire considérablement la consommation d'énergie liée au refroidissement, en utilisant divers principes de conception et une planification rigoureuse afin d'exploiter au maximum le potentiel des ressources de notre site. Nous avons également proposé des solutions et des itérations envisageables pour influencer les projets futurs. Bien que nous n'ayons pas pu atteindre notre objectif de refroidissement et de fraîcheur dans les espaces les moins propices sans recourir aux énergies renouvelables, en raison du métabolisme élevé des activités, de la difficulté de refroidir une grande surface et de l'influence de la profondeur, nous attendons avec impatience les nouvelles technologies et inventions qui pourront nous aider et proposer des alternatives plus performantes pour contribuer à la lutte contre un des grands responsables du changement climatique et du réchauffement climatique : le secteur du bâtiment.

## Les annexes :

### L'enquête :

On a fait une petite enquête à l'habitant de quartier basé sur leur sensation d'espaces pour avoir plusieurs avis :

Dix personnes ont été interrogées, mais seules huit ont répondu. le 30/10/2024 De 10:00 à 15:00

Est-ce que vous avez une sensation d'un manque dans ce quartier et quelle activité vous voulez dans cette zone?

| Personnes                      | Réponses  |
|--------------------------------|---|
| personne age de 60             | un manque de loisir comme des cinémas et les salles de sport comme des piscines   |
| Personne age de 40             | un espace de rencontre pour les personnes âgées, des dos d'ânes, état vétusté des bâtiments cause un risque pour les habitants (balcons).<br>Un espace de loisirs pour les gens Agnès<br>une agence de voyage (air Algérie) |
| personne de 20                 | manque de transport<br>circulation à la séquence 5  |
| Personne 5-6 les élèves de CEM | restaurants<br>les activités de loisir pour le soir   |
| Personne 7-8 les élèves de CEM | la végétation<br>Cinéma (après, je l'ai proposée)   |

### Détails sur les scénarios RCP :

Les scénarios RCP (Représentative Concentration Pathways) ont été développés par le **GIEC** (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) dans le cadre des rapports d'évaluation du changement climatique. Ces scénarios ont été définis dans le **Cinquième Rapport d'Évaluation (AR5) du GIEC** publié en 2014.

Les scénarios RCP sont des trajectoires climatiques utilisées pour modéliser l'évolution du climat mondial en fonction des émissions futures de gaz à effet de serre et de leurs effets sur le changement climatique. Voici un aperçu détaillé des principaux scénarios RCP :

#### RCP 2.6 :

- **Objectif** : Limiter l'augmentation de la température mondiale à environ 2°C par rapport aux niveaux préindustriels.
- **Caractéristiques** : Ce scénario suppose une réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre, avec des efforts mondiaux pour décarboner l'économie. Cela nécessiterait une transition rapide vers des énergies renouvelables, une

amélioration substantielle de l'efficacité énergétique, et des technologies de capture du carbone.

- **Conséquences** : Ce scénario est considéré comme l'un des plus ambitieux, nécessitant des changements profonds dans les politiques énergétiques et des réductions rapides des émissions mondiales.

#### RCP 4.5 :

- **Objectif** : Stabiliser les émissions de gaz à effet de serre de manière modérée, permettant une augmentation de la température d'environ 2,4°C à 3°C d'ici 2100.
- **Caractéristiques** : Les émissions de gaz à effet de serre continueraient d'augmenter pendant un certain temps avant de se stabiliser. Ce scénario suppose une combinaison d'actions pour réduire les émissions et améliorer l'efficacité énergétique, mais sans les efforts aussi intenses que dans le RCP 2.6.
- **Conséquences** : Ce scénario offre un compromis, avec des impacts significatifs du changement climatique, mais pas aussi graves que ceux attendus dans le RCP 8.5.

#### RCP 6.0 :

- **Objectif** : Emissions modérées, avec un scénario de stabilisation après une période d'augmentation des émissions.
- **Caractéristiques** : Dans ce scénario, les émissions continueraient de croître avant de se stabiliser. La température mondiale pourrait augmenter de 3°C à 4°C d'ici 2100. Ce scénario est moins strict que le RCP 2.6 mais encore suffisamment rigoureux pour limiter les pires impacts du changement climatique.
- **Conséquences** : Les impacts du changement climatique seraient modérés, avec une élévation du niveau de la mer, des événements climatiques extrêmes et une intensification des vagues de chaleur.

#### RCP 8.5 :

- **Objectif** : Scénario avec une forte augmentation des émissions de gaz à effet de serre, sans politiques de réduction significative des émissions.
- **Caractéristiques** : Ce scénario est basé sur une forte croissance des émissions tout au long du 21<sup>e</sup> siècle, entraînant une augmentation des concentrations de

gaz à effet de serre et des radiations. La température mondiale pourrait augmenter de plus de 4°C d'ici 2100.

- **Conséquences** : Ce scénario représente le futur le plus perturbé, avec des impacts graves sur les écosystèmes, une élévation du niveau de la mer significative, des vagues de chaleur extrêmes, et des perturbations dans les systèmes agricoles et les ressources en eau.

Les scénarios RCP sont utilisés dans les modèles climatiques pour projeter les impacts du changement climatique sous différentes hypothèses d'émissions et d'adaptations. Ces scénarios sont des outils essentiels pour les politiques climatiques, les analyses d'impact, et la planification de l'adaptation à long terme.

2.4.8. Données climatiques pour estimer les impacts du changement climatique dans les simulations énergétiques des bâtiments :

Pour analyser les effets du changement climatique sur la performance énergétique des bâtiments (BES), il est crucial d'utiliser des ensembles de données météorologiques fiables qui reflètent précisément les conditions environnementales externes auxquelles les bâtiments seront exposés. Une méthode couramment utilisée est l'Année Météorologique Typique (TMY), qui est basée sur des moyennes à long terme des données météorologiques historiques, mais elle présente certaines limitations, comme la dépendance aux stations météorologiques disponibles et aux enregistrements historiques. (M.P. Tootkaboni, I. Ballarini, M. Zinzi : 2021) .

Pour une analyse plus précise du climat futur, Des modèles climatiques sont utilisés pour comprendre les conditions climatiques futures. Ces modèles utilisent principalement des ensembles de données appelées Modèles de Circulation Générale ou Modèles Climatiques Globaux (GCM) pour établir leurs paramètres. Les GCM fournissent des informations climatiques à l'échelle mondiale avec des résolutions spatiales allant de 150 à 600 km<sup>2</sup>. Cependant, pour évaluer les effets du changement climatique à l'échelle locale, ces modèles doivent être mis à l'échelle. Deux approches ont été développées pour cela : la réduction dynamique et les méthodes de réduction statistique. La réduction dynamique fournit des données à plus haute résolution, mais nécessite plus de temps et de ressources informatiques. De plus, des ajustements sont nécessaires pour générer les fichiers WeatherEnergyPlus(.epw) nécessaires aux simulations de performance des bâtiments. En revanche, la méthode de réduction statistique est une approche plus simple et moins gourmande en ressources

informatiques. Elle génère des données météorologiques en établissant des relations statistiques avec les variables climatiques et fournit directement le format EPW nécessaire. Les deux approches sont utilisées par les chercheurs et les scientifiques du bâtiment à travers divers programmes. Bien que des recherches en cours évaluent les avantages et inconvénients de chaque méthode, les études indiquent que les deux peuvent être appliquées dans les modèles de bâtiments pour analyser les réponses au changement climatique. **(M. Herrera, et al : 2017)**

Ces études soulignent l'importance et les méthodes d'utilisation d'un ensemble de données météorologiques fiable qui reflète précisément les conditions environnementales externes auxquelles les bâtiments seront exposés au fil du temps, afin d'évaluer l'impact du changement climatique à l'aide de BES de manière complète. Différentes méthodes ont été développées pour prédire les conditions climatiques futures à partir des données passées, permettant ainsi des simulations précises adaptées à différents paramètres d'étude. Cela aide à comprendre et à se préparer aux effets du changement climatique sur les bâtiments.

#### 2.4.9. Obtention des données climatiques futures pour les simulations :

Simuler le climat est complexe en raison des nombreux facteurs interconnectés. Cependant, il est essentiel d'étudier les effets du changement climatique pour adapter les stratégies d'atténuation. Deux méthodes sont couramment utilisées : la réduction dynamique, qui offre des données de haute résolution mais nécessite plus de temps et de ressources, et la réduction statistique, plus simple et rapide. Dans cette étude, la méthode de réduction statistique a été choisie, utilisant l'outil open-source **CCWorldWeatherGen**. **(S.E. Belcher, J.N. Hacker : 2005).**

#### 2.4.10. Conclusion :

En conclusion, l'intégration des données climatiques futures en parallèle avec les scénarios RCP est essentielle dans l'étude et la conception des bâtiments, car elles permettent d'anticiper les impacts du changement climatique sur la performance énergétique et le confort thermique. Les projections climatiques fournissent des informations cruciales pour adapter les stratégies d'isolation, de chauffage et de refroidissement, garantissant ainsi que les bâtiments restent efficaces en termes de consommation d'énergie, tout en assurant un confort thermique optimal pour leurs occupants. Ignorer ces données pourrait conduire à des conceptions inadaptées aux futures conditions climatiques, augmentant ainsi les coûts énergétiques et réduisant la qualité de vie. Par conséquent, une analyse approfondie des tendances climatiques à venir est indispensable pour concevoir des bâtiments résilients, durables et économes en énergie.

### *Cas d'étude d'un NZEB :*

Le bâtiment EcoCommercial fait partie du programme climatique de Bayer, qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à améliorer l'efficacité énergétique et des ressources. Dans le cadre de cet effort, Bayer conçoit et construit des bâtiments à énergie nette nulle dans le monde entier, et celui-ci est devenu le premier bâtiment à énergie nette nulle en Inde. Il a été conçu comme un prototype, avec l'intention de construire plusieurs autres bâtiments similaires pour établir de nouvelles références pour les futurs développements durables.

L'équipe du projet a travaillé ensemble en adoptant une approche intégrée de la gestion du projet, en se concentrant sur les économies d'énergie et l'efficacité des ressources. Parmi les principales caractéristiques, on note :

- Une réduction de 40 % de la consommation d'énergie, grâce à une isolation haute performance, des fenêtres à double vitrage avec stores motorisés, et l'utilisation de technologies économes en énergie dans le système d'alimentation électrique et le système de gestion du bâtiment.
- Une production d'énergie sur site sans émission grâce à un système photovoltaïque de 57 kW.
- L'utilisation de poutres réfrigérantes pour le refroidissement radiant, éliminant ainsi la consommation d'énergie des ventilateurs.
- Un système de rejet d'eau nul qui recycle et traite toutes les eaux usées sur site, avec une station d'épuration compacte, sans odeur, utilisant un système de réacteur à lots séquentiels pour un traitement aérobic à haute efficacité. L'eau traitée est utilisée pour les tours de refroidissement et pour les chasses d'eau.

*Présentation du projet :*

TABLEAU 15 FICHE TECHNIQUE DE PROJET ANALYSE CONCERNANT LES NZEB (SOURCE : AUTEUR)

|                               |   |  |  |
|-------------------------------|---|--|--|
| <b>Nom</b>                    | Éco-Bâtiment Commercial (ECB), Noida  | <b>Superficie brute</b>                  | 9 600 m <sup>2</sup>                     |
| <b>Emplacement</b>            | GreaterNoida, UttarPradesh, Inde (40 km au sud-est de New Delhi)            | <b>Espace climatisé</b>                  | 7 151 m <sup>2</sup>                     |
| <b>Propriétaire</b>           | Bayer   | <b>Distinctions/Récompenses</b>          | LEED-NC Platine (64 points sur 69), 2012 |
| <b>Utilisation principale</b> | Comprend des bureaux, des salles de réunion et quelques espaces d'expositio | <b>Coût total</b>                        | 6 799 020 \$                             |
| <b>Employés/Occupants</b>     | 50  | <b>Coût au pied carré</b>                | 708 \$                                   |
| <b>Taux d'occupation</b>      | 90 % à 100 %  | <b>Achèvement substantiel/Occupation</b> | Janvier 2011                             |

**Améliorations Passives proposées :**

**Enveloppe :** les matériaux d'isolation pour les murs extérieurs sont constitués de béton cellulaire autoclavé (AAC) de 150 mm (6 pouces), de blocs de cendres volantes et de mousse de polyuréthane (PUF) de 75 mm (3 pouces). Les matériaux d'isolation du toit sont de l'isolation rigide en polyuréthane de 75 mm (3 pouces) et une couche de laine minérale de 50 mm (2 pouces). De plus, un rapport fenêtre-mur (WWR) de 33,8 % permet de garantir un potentiel maximal de lumière naturelle avec des gains de chaleur solaire minimaux.

La conception de l'enveloppe minimise la demande énergétique et la puissance de fonctionnement. Elle a également réduit la taille et le coût du système CVC (chauffage, ventilation et climatisation) nécessaire pour maintenir une pression adéquate dans le bâtiment, une bonne qualité de l'air intérieur et un environnement thermique confortable pour les occupants du bâtiment.

Valeur U globale : 0,04 Btu/h·pi<sup>2</sup>·°F

Pourcentage de vitrage : 33,8 %



FIGURE 101 BRIQUE CELLULAIRE LE FIGARO AVEC AFP.  
SOURCE: [HTTPS://WWW.CARMEUSE.COM](https://www.carmeuse.com)



FIGURE 102 LA MOUSSE POLYURETHANE SOURCE :  
[HTTPS://WWW.LISOLATION.FR](https://www.lisolation.fr)

### **Toit :**

Type : Dalle en béton armé (RCC) avec une mousse de polyuréthane de 3 pouces d'épaisseur et 2 pouces de laine minérale supplémentaire avec une étanchéité. Valeur U globale : 0,03 Btu/h·ft<sup>2</sup>·°F.

### **Fenêtres :**

Facteur U effectif de l'assemblage : 0,27 Btu/h·pi<sup>2</sup>·°F

Coefficient de gain solaire (CGS) : 0,31

Transmission visuelle : 50 %

### **Ventilation :**

Un taux de ventilation de 30 % d'air extérieur supplémentaire par rapport à celui spécifié dans la norme ASHRAE 62.1-2004 améliore la qualité de l'air intérieur du bâtiment et offre un confort supérieur aux occupants. La conception passive a permis d'obtenir une charge de climatisation totale diversifiée de 84 kW pour 891 m<sup>2</sup> (24 tonnes pour 9 600 pi<sup>2</sup>).

### **Améliorations Actives proposées :**

#### **Conception de l'éclairage**

Un système d'éclairage économe en énergie avec des commandes de gestion de la lumière naturelle est utilisé. Les luminaires et ballasts éco-énergétiques contribuent à une réduction de 37 % de la consommation d'énergie pour l'éclairage par rapport à la norme ASHRAE 90.1-2004. Le bâtiment utilise une combinaison de lampes fluorescentes linéaires T5 éco-énergétiques et de lampes fluorescentes compactes.



FIGURE 103 LAMPE FLUORESCENTE LINEAIRE LED T5  
150 CM 22 W NEUTRE 4000 K. SOURCE :  
[HTTPS://WWW.LEROYMERLIN.FR](https://www.leroymerlin.fr)



FIGURE 104 QOFIPRO. (N.D.). LAMPE FLUO COMPACTE  
RALUX SPIN EFFICIENT. SOURCE:  
[HTTPS://WWW.QOFIPRO.FR](https://www.qofipro.fr)

Des capteurs de présence dans les zones normalement inoccupées comme les espaces de stockage, les toilettes et les salles techniques minimisent l'utilisation de l'éclairage.

Les commandes d'éclairage garantissent un minimum de gain thermique interne et une charge réduite sur la climatisation dans ces espaces.

Environ 87 % des espaces régulièrement occupés du bâtiment bénéficient d'un facteur de lumière naturelle d'au moins 2 %. Une densité de puissance d'éclairage (DPE) de 7,2 W/m<sup>2</sup> (0,67 W/ft<sup>2</sup>) dans tous les espaces occupés est bien inférieure à la référence de la norme ASHRAE 1-2004 de 11,8 W/m<sup>2</sup> (1,1 W/ft<sup>2</sup>). Le bâtiment utilise des technologies de réduction de l'énergie liées au système d'alimentation électrique et au système de gestion de bâtiment.

### **Systèmes énergétiques optimisés / Système CVC**

Les poutres refroidissantes à eau froide pour le refroidissement radiant éliminent l'énergie utilisée par les ventilateurs d'approvisionnement.

L'eau glacée est fournie à 15°C (59°F) au lieu de la température conventionnelle de 7°C (45°F). Sur la base des conditions de conception intérieure de 24°C (75°F) et 55 % d'humidité relative, la température du point de rosée de la pièce est de 14°C (57°F), et l'eau glacée est fournie à une température 1°C (0,6°F) plus élevée (15°C [59°F]) pour éviter toute condensation sur les surfaces.

## Qualité de l'air intérieur

L'air extérieur sec est fourni par une unité montée à l'extérieur qui déshumidifie l'air avant qu'il ne soit envoyé dans les espaces occupés. Cet air extérieur sec agit comme l'air primaire pour les poutres refroidissantes. La qualité de l'air est surveillée à l'intérieur du bâtiment entier grâce à des capteurs de CO<sub>2</sub> placés à 1,8 m (6 ft.) du sol dans divers espaces. Ces capteurs émettent une alarme sonore à l'opérateur lorsque la différence entre les niveaux de CO<sub>2</sub> extérieur et intérieur dépasse 530 ppm.

Le système d'air extérieur à la demande (DOAS) commence à 7 h pour éliminer l'humidité accumulée pendant les heures d'inoccupation et abaisser la température au niveau désiré avant le début des heures d'opération des bureaux.



FIGURE 105 FIGURE 13 : SYSTEME D'AIR EXTERIEUR A LA DEMANDE (DOAS) SOURCE: [HTTPS://WWW.INTERPLANLLC.COM](https://www.interplanllc.com)

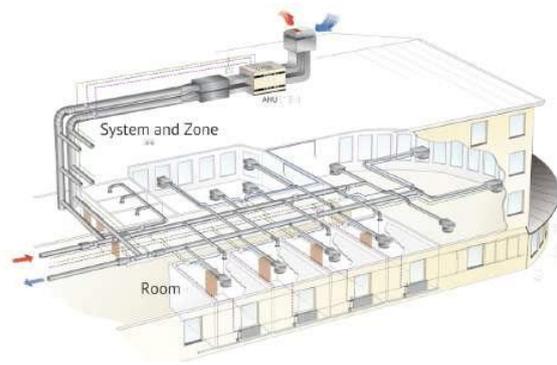


FIGURE 106 FIGURE 14 : DCV SYSTEM TECHNOLOGY

Le DOAS récupère la chaleur de l'air d'échappement du bâtiment.

L'air d'échappement froid déshumidifié des toilettes et des espaces de bureau est collecté dans chaque noyau de service. Cet air entre d'un côté de la roue rotative de récupération de chaleur, refroidissant la roue et séchant le revêtement du dessiccant. Cette partie de la roue, maintenant froide et sèche, tourne dans le flux d'air extérieur où elle absorbe la chaleur et l'humidité de l'air de ventilation entrant avant d'être refroidie à température ambiante dans la salle du groupe de traitement d'air (AHU). La roue de récupération d'énergie réduit la charge de ventilation de 80 %, minimisant ainsi la consommation énergétique et la taille des équipements de climatisation.

## Mise en service

Le projet a incorporé la méthodologie de mise en service recommandée par l'ASHRAE, et un agent de mise en service et un auditeur énergétique tiers ont été utilisés.

La mise en service à la phase de conception a fourni des contributions précoces pour l'intégration de mécanismes de surveillance visant à faciliter le bon fonctionnement et la

maintenance par le personnel du bâtiment.

La mise en service à la phase de construction a assuré la bonne mise en œuvre des systèmes mécaniques et électriques.

La mise en service à la phase d'acceptation a exigé que les entrepreneurs démontrent le fonctionnement des équipements conformément à l'intention de conception.

La mise en service à la phase d'occupation a porté sur le bon fonctionnement des systèmes par le personnel d'exploitation et de maintenance (O&M).

La mise en service continue vérifie périodiquement les méthodes opérationnelles et la performance des équipements.

Les systèmes mesurés comprennent l'alimentation électrique principale, les refroidisseurs, l'éclairage interne, l'éclairage extérieur, les unités de traitement de l'air, le système d'approvisionnement en eau, l'usine de traitement des eaux usées et le système PV solaire.

## Énergie renouvelable

Le système solaire au silicium cristallin de 57 kW, raccordé au réseau, devrait produire 88,9 MWh/an. Il a produit 72 MWh en 2011 grâce à l'ombrage mutuel des panneaux à certains endroits, mais a néanmoins dépassé la consommation du bâtiment. L'excédent d'énergie est injecté dans le bâtiment adjacent existant du campus.

TABLEAU 16 BILAN DE LA CONSOMMATION ET LA PRODUCTION D'ÉNERGIE RENOUVELABLE EN 2011 PAR KWH (SOURCE: [HTTPS://WWW.HPBMAGAZINE.ORG](https://www.hpbmagazine.org))

| TABLE 3 2011 ENERGY PRODUCTION, USE (KWH) |       |       |       |       |       |        |        |        |        |       |       |       |              |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------------|
|   | Jan   | Feb   | Mar   | Apr   | May   | Jun    | Jul    | Aug    | Sep    | Oct   | Nov   | Dec   | Annual Total |
| PV Production                             | 4,149 | 4,743 | 6,776 | 7,438 | 7,852 | 7,210  | 6,064  | 5,706  | 6,759  | 6,616 | 4,427 | 4,281 | 72,023       |
| Building Consumption                      | 2,666 | 1,231 | 3,198 | 5,261 | 8,271 | 8,698  | 7,337  | 7,474  | 7,883  | 5,419 | 4,106 | 2,365 | 63,910       |
| Lighting                                  | 684   | 349   | 297   | 180   | 178   | 152    | 148    | 244    | 220    | 152   | 211   | 413   | 3,227        |
| Air Conditioning                          | 1,042 | 171   | 2,106 | 4,091 | 6,911 | 7,257  | 6,028  | 6,023  | 6,206  | 4,136 | 3,312 | 758   | 48,045       |
| Equipment                                 | 940   | 710   | 795   | 990   | 1,181 | 1,289  | 1,161  | 1,207  | 1,456  | 1,131 | 584   | 1,194 | 12,638       |
| Monthly Net Energy Production/Use         | 1,483 | 3,513 | 3,577 | 2,177 | -418  | -1,488 | -1,273 | -1,768 | -1,124 | 1,197 | 321   | 1,916 | 8,113        |

### 2.5.12. Conclusion :

Le bâtiment éco-commercial dépasse les normes existantes en matière de bâtiments à haute performance et garantit qu'un bâtiment contribue au climat plutôt qu'à l'exploitation des ressources. Il illustre le potentiel d'économies d'énergie possible grâce à une collaboration précoce pour concevoir une enveloppe et des systèmes de construction performants.

TABLEAU 17 TABLEAU DES ISOLANT RECHERCHER SELON LA CATEGORIE ( SOURCE : AUTEUR)

| Catégorie                    | isolant                | Description   | Avantages  | Inconvénients  | Applications                                     |
|------------------------------|------------------------|---|--|--|--|
| <b>Isolants fibres</b>       | Laine de verre         | Fibres de verre, disponibles en rouleaux ou en panneaux                           | Non-inflammable, léger, abordable, bonne isolation thermique et acoustique             | Peut irriter la peau et les voies respiratoires, sensible à l'humidité | Murs, plafonds, planchers, gaines de ventilation |
|                              | Laine de roche         | Fabriqué à partir de roches naturelles (basalte) ou de résidus industriels (slag) | Très résistant au feu, bonne isolation thermique et acoustique, résistant à l'humidité | Peut-être plus coûteux que la laine de verre                           | Murs extérieurs et intérieurs, plafonds          |
|                              | Laine minérale         | Peut-être de la laine de verre, de la laine de roche ou de la laine de scories    | Très résistant au feu, bonne isolation thermique et acoustique                         | Peut-être plus coûteux que la laine de verre                           | Murs extérieurs et intérieurs, plafonds          |
| <b>Isolants synthétiques</b> | Polystyrène (PSE)      | Polystyrène expansé, composé de perles de polystyrène                             | Léger, abordable, bonne isolation thermique  | Moins dense et moins résistant à l'eau que le PSX                      | Murs, plafonds, planchers                        |
|                              | Polystyrène (PSX)      | Polystyrène extrudé, plus dense que le PSE  | Plus résistant à l'eau, meilleure isolation thermique                                  | Plus coûteux que le PSE  | Murs, plafonds, planchers                        |
|                              | Polyuréthane           | Disponible sous forme de mousse pulvérisée ou de panneaux rigides                 | Haute isolation thermique, excellente adhérence aux surfaces                           | Peut-être coûteux, nécessite une installation professionnelle          | Murs, plafonds, planchers                        |
|                              | Polyisocyanurate (PIR) | Matériau isolant rigide similaire au polyuréthane                                 | Haute isolation thermique, résistant au feu  | Plus coûteux que le polyuréthane                                       | Murs, plafonds, planchers                        |
| <b>Isolants naturels</b>     | Cellulose              | Fabriqué à partir de papier recyclé, traité avec des retardateurs de flamme       | Écologique, bonne isolation thermique, réduit les fuites d'air                         | Peut s'installer, nécessite un traitement anti-moisissure              | Murs, plafonds, planchers                        |
|                              | Laine de mouton        | Laine naturelle traitée pour l'isolation  | Écologique, régule l'humidité, bonne isolation thermique                               | Peut-être coûteux, nécessite un traitement anti-moisissure             | Murs, plafonds, planchers                        |

|   |                                 |   |   |   |                               |
|---|---------------------------------|---|---|---|-------------------------------|
|   | Coton                           | Fabriqué à partir de denim recyclé, traité avec des retardateurs de flamme      | Écologique, bonne isolation thermique, résistant aux insectes               | Peut-être coûteux   | Murs, plafonds, planchers     |
| <b>Isolants réfléchissants</b>              | Barrières réfléchissantes       | Feuilles d'aluminium laminées sur du papier ou du plastique                     | Réduit les coûts de climatisation en réfléchissant la chaleur               | Moins efficace en hiver, nécessite une installation précise           | Toitures, plafonds, murs      |
| <b>Isolants composites</b>                  | Panneaux isolants rigides       | Panneaux rigides en polyuréthane, polystyrène ou polyisocyanurate               | Haute isolation thermique, facile à installer                               | Peut-être coûteux, nécessite une installation professionnelle         | Murs, plafonds, planchers     |
|   | Panneaux de fibres minérales    | Fabriqué à partir de fibres minérales   | Résistant à la chaleur, non-inflammable                                     | Peut-être moins performant que les panneaux de mousse                 | Gainages de ventilation, murs |
| <b>Isolants à changement de phase (PCM)</b> | Matériaux à changement de phase | Matériaux qui absorbent et libèrent de la chaleur lors des transitions de phase | Haute densité de stockage d'énergie, maintiennent une température constante | Peut-être coûteux, nécessite une encapsulation pour éviter les fuites | Murs, plafonds, planchers     |

TABLEAU 18 TABLEAU DES EXPERIENCES ET RESULTAT DE L'AMELIORATION DE COMPORTEMENT THERMIQUE ( SOURCE : AUTEUR)

| <b>Auteurs</b>  | <b>Méthodologie</b>   | <b>Principales conclusions</b>   | <b>Contribution</b>   |
|-----------------|---|--|---|
| William et al   | Utilisation de peintures réfléchissantes dans le cadre d'une stratégie de rénovation visant à améliorer l'efficacité énergétique dans trois villes égyptiennes : Assouan, Le Caire et Alexandrie. | Ces villes ont permis d'économiser respectivement 21 %, 19 % et 17 % d'énergie. Des gains notables en termes d'économies d'énergie et de confort thermique ont été constatés.  | L'étude a mis en évidence les possibilités d'économies d'énergie Offertes par les peintures réfléchissantes dans diverses régions et a proposé des idées concrètes pour des bâtiments économes en énergie en climat chaud.                  |
| Ibrahim et al   | Étude comparative des revêtements radiatifs, de l'isolation thermique et du GIPV dans les régions chaudes et humides.   | Les revêtements radiatifs permettent une économie d'énergie de 13,1 %. L'intégration du GIPV permet une économie d'énergie de 34,9 %. Rentable, avec un LCOS de 0,045 \$/kWh pour les revêtements radiatifs et de 0,052 \$/kWh pour l'isolation et les revêtements combinés. | A démontré l'utilité des stratégies d'amélioration de L'enveloppe pour réduire la consommation d'énergie et les Émissions de carbone, désignant le GIPV comme une solution Majeure pour les bâtiments à consommation d'énergie quasi Nulle. |
| Buonomano et al | Mise à disposition d'un modèle de simulation dynamique pour les NZEB afin d'analyser les systèmes PCM, BIPV/BIPV-T et la régulation de la lumière naturelle.                                      | Économies d'énergie : 16,9 % (13,3 % sans PCM). Configurations de bâtiments optimisées pour les NZEB, permettant une performance énergétique nette zéro.   | Un nouveau modèle de simulation pour la mesure des NZEB a été présenté, fournissant des informations précieuses sur les techniques d'économie d'énergie telles que les systèmes PCM et BIPV/BIPV-T pour les climats méditerranéens.         |
| Abu Qadourah    | Étude paramétrique Utilisant des simulations pour évaluer l'impact des toitures vertes sur la Consommation  | Les toitures vertes ont diminué la consommation D'énergie annuelle jusqu'à 12 %. La variabilité de la  | L'étude souligne l'efficacité des toitures verte comme Approche passive Durable pour améliorer la performance   |

|                      |  |   |  |
|----------------------|--|---|--|
|                      | D'énergie, la température intérieure et la réduction des émissions de carbone.   | profondeur du sol a influé sur la consommation d'énergie, la température intérieure et la réduction des émissions de carbone.   | Énergétique dans les climats méditerranéens, notamment Dans les Immeubles de bureaux à Amman.  |
| <b>Asghari et al</b> | Simulations de construction de murs extérieurs utilisant des MCP, des TIL et des techniques combinées dans des bâtiments résidentiels.   | Réduction de 37,88 % de la consommation d'énergie thermique et de 26,75 % de la consommation de climatisation grâce à la combinaison des MCP et des TIL.  | L'impact synergétique des MCP et des TIL sur l'efficacité Thermique a été mis en évidence, offrant ainsi une approche Rentable pour réduire la consommation d'énergie des Bâtiments.   |
| <b>Ibrahim et al</b> | Évaluation approfondie de diverses méthodes d'amélioration des toitures (toits végétalisés, jardins solaires, revêtements de peinture réfléchissants et isolation thermique) sur quatre sites, en mettant l'accent sur les économies d'énergie et l'analyse des coûts. | Les toits végétalisés et la technologie solaire ont permis de réduire la consommation d'énergie de 40 %. L'application de peinture réfléchissante a entraîné une baisse de 12,96 %. L'isolation thermique a permis de réaliser les économies minimales, soit 2,65 %. La peinture réfléchissante était l'option la plus économique, coûtant entre 0,12 et 0,17 \$ par kilowattheure. Les toits végétalisés et les jardins solaires ont démontré leur viabilité économique, générant des économies allant de 3,53 \$ à 2,16 \$ par kilowattheure. | Souligne l'importance des solutions spécifiques à chaque Région pour améliorer l'efficacité énergétique, en fournissant Des conseils personnalisés pour les urbanistes et les Décideurs politiques à cultiver l'efficacité énergétique, Comminutes durables. |

## Les réponses climatiques :

### La période Ottomane :

## Tableau des réponses climatiques de Période Ottomane

| environnement  | forme   | enveloppe  |
|--|---|--|
| <p>La trame verte : La présence de la végétation partout afin d'assurer un confort thermique</p> <p>La trame bleue : La présence des fontainiers et les sources d'eaux dans toutes les maisons et les places publiques</p> <p><b>Réseau routier :</b> Accessibilité hiérarchisée des espaces publics jusqu'à l'impasse, garantissant l'intimité et l'intégration au site. Il suit un système arboré avec des routes sinueuses, visant à assurer une protection contre le rayonnement solaire intense et les vents dominants.</p> | <p><b>Accès :</b> Marqué par une entrée sinueuse, dont la forme varie en fonction de la position de la maison dans le bloc, incorporant souvent une conception d'entrée décalée pour assurer l'intimité</p> <p>L'organisation spatiale:<br/>Structure interne :Les maisons s'organisent autour d'un espace central ouvert, appelé "Haouch", "Rahba" ou patio.</p> <p><b>Régulation thermique :</b> Cet espace central, souvent agrémenté d'eau et de végétation, agit comme un régulateur thermique en rafraîchissant l'air entrant et en évacuant l'air chaud.</p> <p>Circulation de l'air :L'air frais entre par le patio et l'entrée principale, tandis que l'air chaud est expulsé des différentes pièces.</p> <p>Espaces de service : Les débarras et salles de bains sont placés avant les pièces d'habitation pour les protéger du rayonnement solaire et sont équipés de mesures d'isolation thermique.</p> <p>Hauteur sous plafond :Les hauteurs des pièces varient de 2,5 à 2,8 mètres, améliorant la vitesse de ventilation (effet Venturi).</p> | <p>Couleurs:<br/>Blanc et bleu : Les murs étaient souvent peints en blanc ou bleu, ce qui aidait à refléter la chaleur et à maintenir les intérieurs frais. Couleurs terre : Les sols et les plafonds étaient souvent réalisés avec des matériaux de couleur terre, comme le bois et la céramique, pour créer une ambiance chaleureuse et naturelle.</p> <p>Matériaux :<br/><b>Céramique :</b> Les Ottomans utilisaient fréquemment la céramique pour les revêtements de sol et les carreaux de mur, apportant non seulement une belle décoration mais aussi une protection contre l'humidité.<br/>Bois : Le bois était utilisé pour les planchers et les meubles, ajoutant une texture naturelle et confortable aux espaces intérieurs.<br/>Pierre :La pierre était utilisée pour les fondations et les murs extérieurs, offrant une robustesse et une isolation thermique.</p> |



### La période coloniale :

## Tableau des réponses climatiques de Période coloniale

| environnement :   | forme :   | enveloppe  |
|---|---|--|
| <p><b>Présence de trame verts :</b><br/>la végétation à jouer un rôle majeur dans Hussein dey pour régler l'inconfort thermique concernant les habitants et donner des pièces d'ombrage dans la rue</p> <p>places publiques : les places publiques étaient les éléments de travail de la conception urbaine dans l'époque coloniale</p> <p><b>Le développement des infrastructures :</b><br/>l'infrastructure bien établie a favorisé l'utilisation de la mobilité douce.</p> <p>L'enclavement: l'utilisation des espaces semi-privé pour la disposition des jardins : l'utilisation de centre d'îlot pour créer des espaces ombre donne une zone de confort pour les habitants qui promette la convivialité entre eu</p> | <p><b>forme cubique et recungliare sous forme d'ilots</b><br/>: l'utilisation de la forme géométriquement simple donne un bonus économique au bâtiment</p> <p>habitat de type en bande: généralement utilisé pour les habitations collectives avec des seuls balcons pour l'étage, ce type peut attendre un gabarit de R+6, habitat type en ligne : utilisé pour l'habitat individuel au semi-collective qui peut atteindre un gabarit de R+2</p> <p><b>les puits de lumière étroite pour la ventilation dans les cages d'escalier :</b> ces actions assurent la ventilation agréable avec un niveau d'éclairage suffisant pour le fonctionnement sans menaces l'intègre de la structure en mur porteur</p> | <p>couleur: l'utilisation de la couleur qui reflète à la fois l'architecture méditerranéenne dans la façade en utilisant la couleur blanche et l'ouverture avec persienne bleue en bois avec les puits de lumière horizontaux cette disposition donne l'édifice un confort thermique et une résistance contre la chaleur en été</p> <p><b>matériaux:</b> l'utilisation des matériaux locaux tels que la pierre, la terre cuite et là le marbre, les chaux et le bois et l'barre en H</p> <p><b>la structure extérieure :</b> les murs poutre constate des matériaux locaux tels que la pierre chaux et la terre cuite assure la stabilité de projets</p> |



## La période post - coloniale :

### Tableau des réponses climatiques de Période post-coloniale

| environnement :  | forme   | enveloppe  |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● Peu de végétation à l'origine, mais présence de quelques arbres pour ombrager les espaces publics et privés.</li> <li>● Hauteur des bâtiments : Bâtiments de RDC à 11 étages et ils sont orientés suivant le trajet solaire pour maximiser l'ensoleillement</li> </ul>  | <p>forme : Les bâtiments postcoloniaux se caractérisent souvent par des formes géométriques simples, telles que des cubes ou des parallélépipèdes, mettant en avant la fonctionnalité. Style architectural : L'architecture d'Hussein Dey révèle une variation stylistique marquée par une déconnexion avec les caractéristiques traditionnelles locales. On y trouve une combinaison éclectique d'éléments architecturaux modernes et traditionnels, fréquemment importés, qui ne reflètent pas l'identité architecturale autochtone. Parmi ces influences, l'intégration de balcons et d'autres caractéristiques étrangères à l'architecture locale témoigne de l'adoption de styles exogènes, transformant progressivement le paysage urbain. Typologie : Un changement majeur dans l'architecture a été la disparition des cours centrales, remplacées par des couloirs. Ces espaces, essentiels pour la lumière naturelle et la ventilation croisée, étaient cruciaux pour l'efficacité énergétique et le confort thermique. Leur remplacement a réduit l'accès à ces éléments naturels, augmentant ainsi la dépendance à l'éclairage artificiel et à la climatisation, ce qui diminue l'efficacité énergétique et le confort des bâtiments.</p> | <p>Couleur: blanc-beige-marron -orange doux <b>matériaux</b> : vers l'utilisation des matériaux plus adaptés sans abandonner les matériaux traditionnels et Respect l'aspect économique et écologique</p>  |

## Programme quantitative de projets :

TABLEAU 19 TABLEAU DE PROGRAMME FONCTIONNELLE DE PROJETS

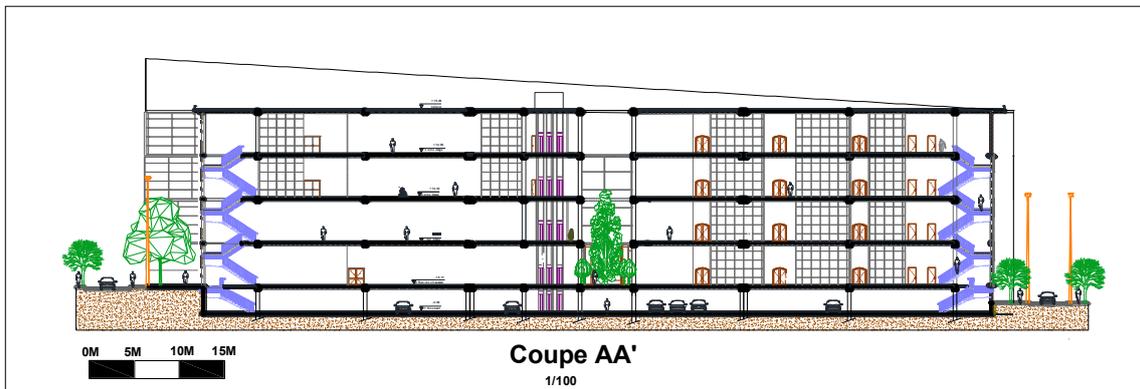
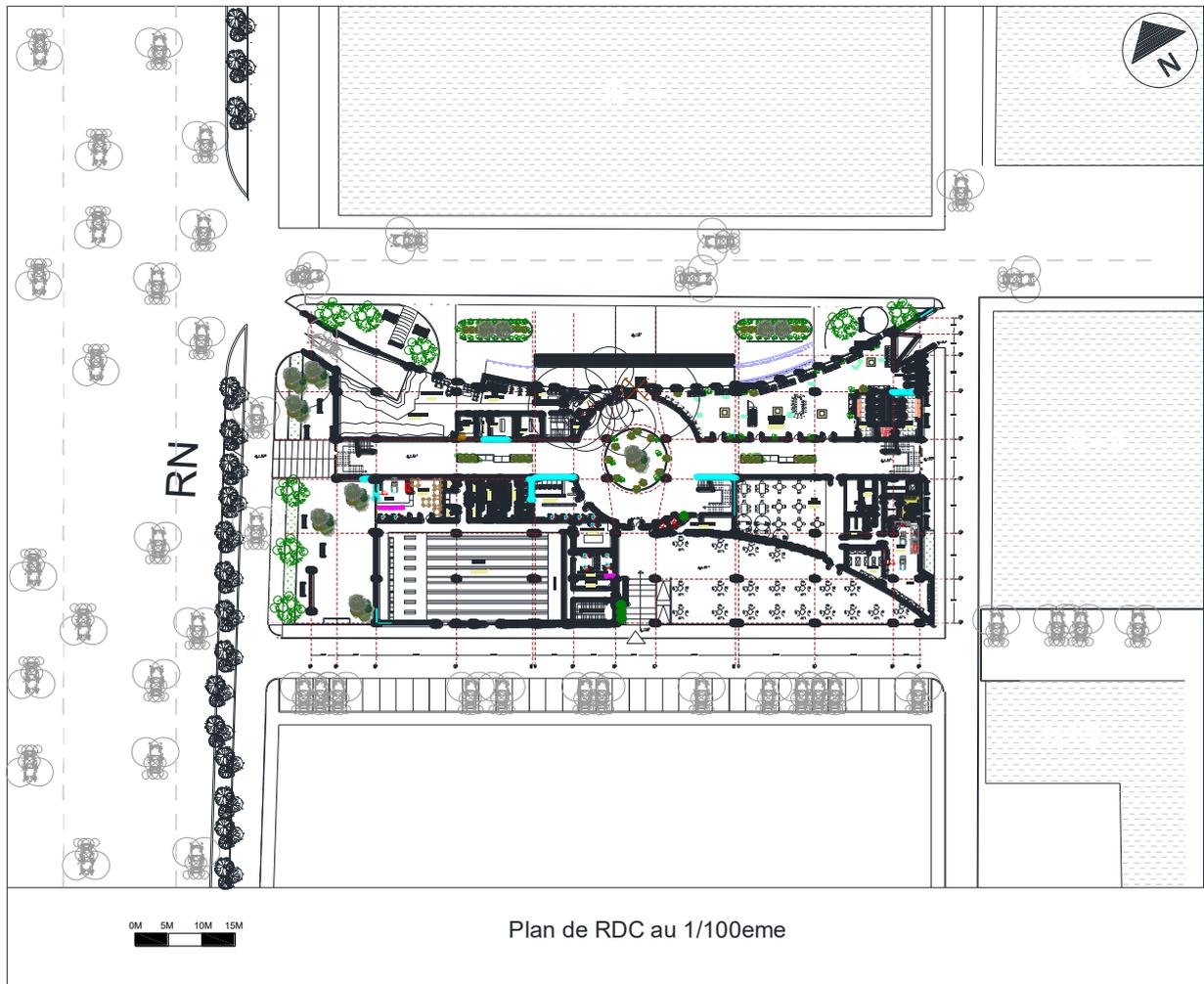
| Etage          | Activités           | Espaces                 | Superficie                |                   |                  |
|----------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|------------------|
| RDC            | Hall d'entrée       | Circulation horizontal  | 609m <sup>2</sup>         |                   |                  |
|                |                     | Patio                   | 77m <sup>2</sup>          |                   |                  |
|                |                     | loge                    | 4m <sup>2</sup>           |                   |                  |
|                |                     | Espace pour agents      | 25m <sup>2</sup>          |                   |                  |
|                |                     | Réception               | 3m <sup>2</sup>           |                   |                  |
|                | Escalade            | Zone d'escalade         | Zone d'escalade           | 130m <sup>2</sup> |                  |
|                |                     |                         | Zone de spectateurs       | 32m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Zone d'échauffement       | 25m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Réception                 | 12m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Stockage                  | 8m <sup>2</sup>   |                  |
|                |                     |                         | Vestiaire homme           | 13m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Vestiaire femme           | 13m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Salle pour staff          | 14m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Salle d'attente           | 10m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     | Bowling                 | Buvette                   | Buvette           | 65m <sup>2</sup> |
|                | Réception           |                         |                           | 5m <sup>2</sup>   |                  |
|                | Boutique            |                         | Boutique                  | 5m <sup>2</sup>   |                  |
|                |                     |                         | Vestiaire homme           | 10m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Vestiaire femme           | 10m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Sanitaire femme           | 27m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Sanitaire homme           | 27m <sup>2</sup>  |                  |
|                | Espaces de bowling  |                         | Espaces de bowling        | 360m <sup>2</sup> |                  |
|                |                     |                         | Stockage                  | 10m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Salle de pause pour staff | 10m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Cuisine de service        | 27m <sup>2</sup>  |                  |
|                | Atelier de création |                         | Salle de création         | 55 m <sup>2</sup> |                  |
|                |                     | commerce                | Magasin des vêtements     | 270m <sup>2</sup> |                  |
|                | Sanitaire femme     |                         | 25m <sup>2</sup>          |                   |                  |
|                | Sanitaire homme     |                         | 30m <sup>2</sup>          |                   |                  |
|                | Consommation :      | Salle à manger          | Salle à manger            | 175m <sup>2</sup> |                  |
|                |                     |                         | Stockage                  | 8m <sup>2</sup>   |                  |
|                |                     | Chambre froide          | Chambre froide            | 11m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | cuisine                   | 70m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Stockage                  | 22m <sup>2</sup>  |                  |
|                | R+1                 | Escalade                | Buvette                   | 24m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Sanitaire homme           | 15m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Sanitaire femme           | 15m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     | Espaces de consommation | Espaces de consommation   | 165m <sup>2</sup> |                  |
|                |                     |                         | Boutique                  | 17m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     | Laser tag               | Briefing                  | Briefing          | 33m <sup>2</sup> |
|                |                     |                         |                           | Vestiaire femme   | 10m <sup>2</sup> |
|                |                     |                         |                           | Vestiaire homme   | 10m <sup>2</sup> |
|                |                     |                         | Sanitaire homme           | 27m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Sanitaire femme           | 27m <sup>2</sup>  |                  |
|                |                     |                         | Aréna de laser tag        | 340m <sup>2</sup> |                  |
|                |                     |                         | Débriefing                | 65m <sup>2</sup>  |                  |
| VR gaming room |                     |                         | VR gaming zone            | 120m <sup>2</sup> |                  |
|                |                     | Espace d'attente        | 15m <sup>2</sup>          |                   |                  |
|                |                     | Stockage                | 6m <sup>2</sup>           |                   |                  |
|                |                     | Réception               | 7m <sup>2</sup>           |                   |                  |
| Commerce       |                     | Smartphones             | 60m <sup>2</sup>          |                   |                  |
|                |                     | Cadeaux/déco maison     | 40m <sup>2</sup>          |                   |                  |
|                | Parfumerie          | 45m <sup>2</sup>        |                           |                   |                  |

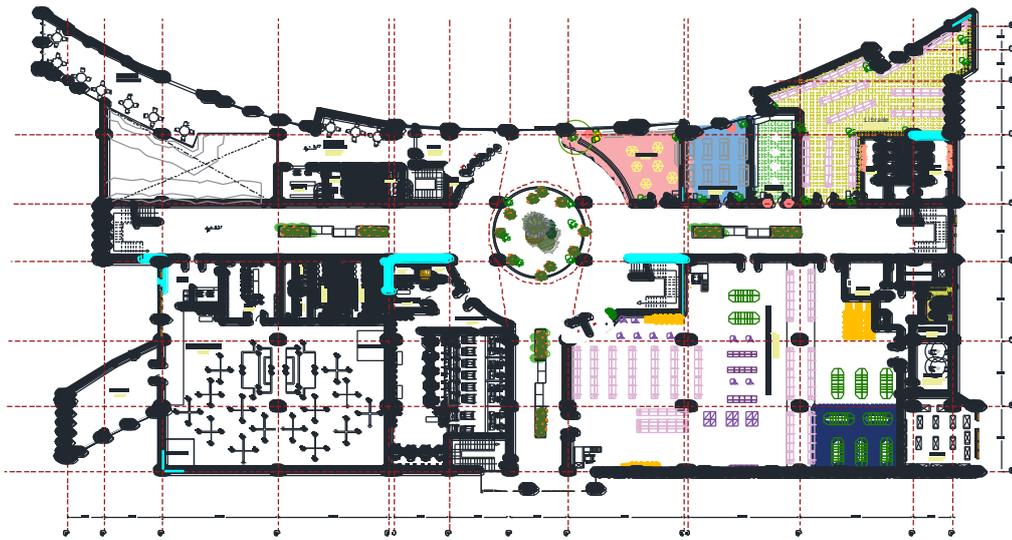
|            |                              |  |                   |
|------------|------------------------------|--|-------------------|
|            |                              | <b>Librairie</b>                         |                   |
|            |                              | Sanitaire femme                          | 25m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Sanitaire homme                          | 30m <sup>2</sup>  |
|            | <b>Magasine de vêtements</b> | Vêtement pour bébés, enfant , et adultes | 600m <sup>2</sup> |
|            |                              | Bureau                                   | 17m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Chambre froide                           | 8m <sup>2</sup>   |
|            |                              | Personnel                                | 22m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Stockage                                 | 55m <sup>2</sup>  |
|            | <b>circulation</b>           | Circulation horizontale                  | 705m <sup>2</sup> |
| <b>R+2</b> | <b>Football a bulles</b>     | Zobe spectateurs                         | 120m <sup>2</sup> |
|            |                              | Briefing                                 | 34m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Réception                                | 10m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Stockage                                 | 7m <sup>2</sup>   |
|            |                              | Sanitaire femme                          | 11m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Sanitaire homme                          | 7m <sup>2</sup>   |
|            | <b>Board games</b>           | Réception                                | 10m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Espace de boaard game                    | 43m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Réception                                | 11m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Sanitaire homme                          | 9m <sup>2</sup>   |
|            |                              | Sanitaire Femme                          | 11m <sup>2</sup>  |
|            | <b>Lancer de hache</b>       | Stockage                                 | 6m <sup>2</sup>   |
|            |                              | Réception                                | 6m <sup>2</sup>   |
|            |                              | Espaces d'attente                        | 14m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Lancer de hache                          | 200m <sup>2</sup> |
|            | <b>Circulation</b>           | Circulation horizontale                  | 705m <sup>2</sup> |
|            | <b>Laser tag</b>             | Briefing                                 | 33m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Vestiaire femme                          | 10m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Vestiaire homme                          | 10m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Sanitaire homme                          | 27m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Sanitaire femme                          | 27m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Aréna de laser tag                       | 340m <sup>2</sup> |
|            |                              | Débriefing                               | 65m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Lobby                                    | 37m <sup>2</sup>  |
| <b>R+3</b> | <b>Cinéma VR</b>             | Zone spectateurs                         | 120m <sup>2</sup> |
|            |                              | Salle de cinéma 1                        | 75 m <sup>2</sup> |
|            |                              | Salle de cinéma 2                        | 75m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Salle d'équipement                       | 23m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Réception                                | 10m <sup>2</sup>  |
|            |                              | stockage                                 | 7m <sup>2</sup>   |
|            |                              | Salle de control                         | 20m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Sanitaire femme                          | 7m <sup>2</sup>   |
|            |                              | Sanitaire homme                          | 11m <sup>2</sup>  |
|            | <b>Parc trampoline</b>       | Parc trampoline                          | 340m <sup>2</sup> |
|            |                              | Espace de repos                          | 65m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Lobby                                    | 37m <sup>2</sup>  |
|            |                              | stockage                                 | 11m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Salle de pause<br>personnelle            | 27m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Vestiaire femme                          | 10m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Vestiaire homme                          | 10m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Sanitaire femme                          | 27m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Sanitaire homme                          | 27m <sup>2</sup>  |
|            | <b>Tir a l'arc en salle</b>  | stockage                                 | 6m <sup>2</sup>   |
|            |                              | Espace d'attente                         | 14m <sup>2</sup>  |
|            |                              | Réception                                | 4m <sup>2</sup>   |
|            |                              | Tir à l'arc en salle                     | 200m <sup>2</sup> |

|                 |   |   |                         |
|-----------------|---|---|-------------------------|
|                 | <b>Salon de jeux de société et de stratégie</b> | <b>Salon de jeux de société et de stratégie</b>           | <b>40m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Réception</b>  | <b>9m<sup>2</sup></b>   |
|                 |   | <b>Sanitaire homme</b>                                    | <b>9m<sup>2</sup></b>   |
|                 |   | <b>Sanitaire femme</b>                                    | <b>11m<sup>2</sup></b>  |
|                 | <b>Consommation</b>                             | <b>Salle a manger</b>                                     | <b>480m<sup>2</sup></b> |
|                 |   | <b>Salle de repos</b>                                     | <b>24m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Cuisine</b>  | <b>100m<sup>2</sup></b> |
|                 |   | <b>Stockage</b>   | <b>8m<sup>2</sup></b>   |
|                 |   | <b>Chambre froide</b>                                     | <b>10m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>bar</b>  | <b>11m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Stockage</b>   | <b>34m<sup>2</sup></b>  |
|                 | <b>Administration</b>                           | <b>Surveillance camera</b>                                | <b>35m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Sanitaire femme</b>                                    | <b>22m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Sanitaire homme</b>                                    | <b>22m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Kitchenette</b>  | <b>20m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Bureau du directeur</b>                                | <b>55m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>secrétariat</b>  | <b>48m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Archives</b>   | <b>28m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Bureau RH et salle de réunions</b>                     | <b>50m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Sanitaire femmes</b>                                   | <b>25m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Sanitaire hommes</b>                                   | <b>30m<sup>2</sup></b>  |
|                 | <b>Circulation</b>                              | <b>Circulation horizontale</b>                            | <b>705m<sup>2</sup></b> |
| <b>Sous-sol</b> | <b>Stockage</b>                                 | <b>Espace de stockage de marchandise</b>                  | <b>195m<sup>2</sup></b> |
|                 |   | <b>Espaces de batterie des panneaux photo voltaïque</b>   | <b>30m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Espace de stockage</b>                                 | <b>50m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Espaces de batterie des panneaux photo voltaïque 2</b> | <b>78m<sup>2</sup></b>  |
|                 | <b>Espace technique</b>                         | <b>Locaux technique 1</b>                                 | <b>18m<sup>2</sup></b>  |
|                 |   | <b>Locaux technique 2</b>                                 | <b>50m<sup>2</sup></b>  |
|                 | <b>Espace de stationnement</b>                  | <b>Pour voiture</b>                                       | <b>50 voiture</b>       |
|                 |   | <b>Pour moto</b>  | <b>11</b>               |

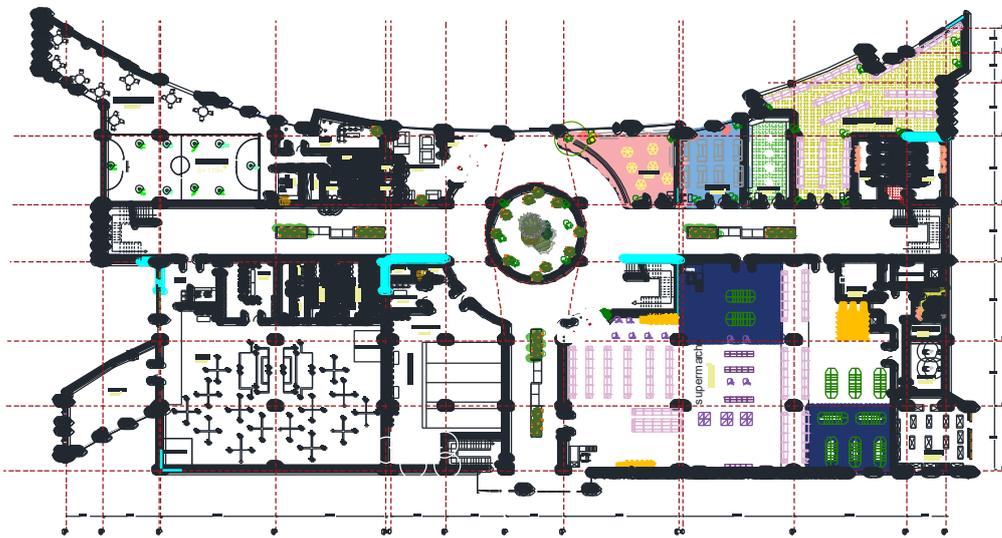
Dossier graphique :

RDC :

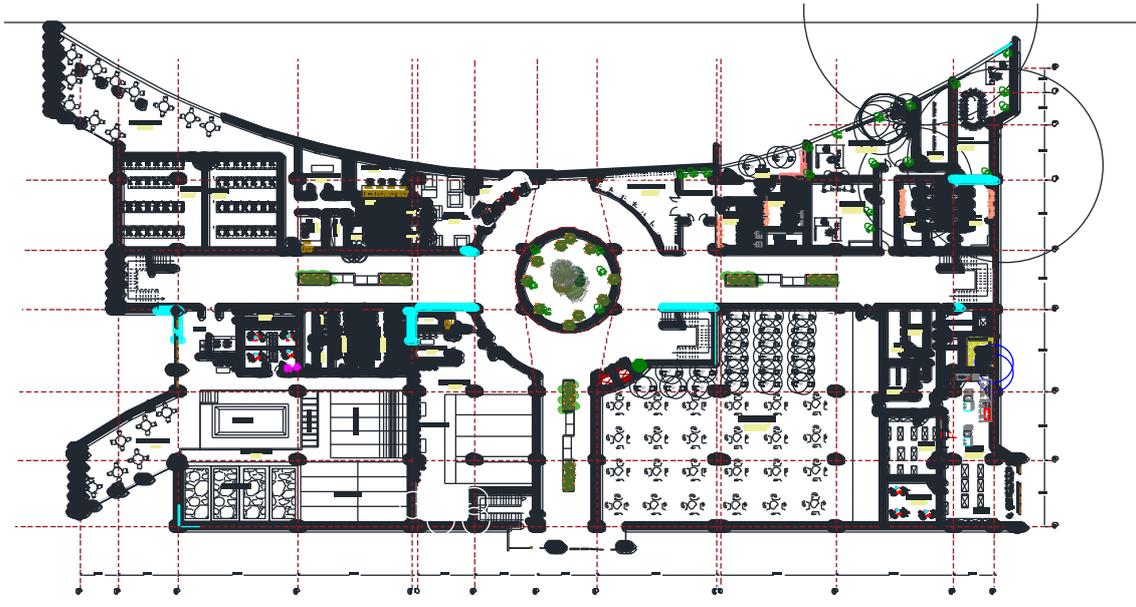




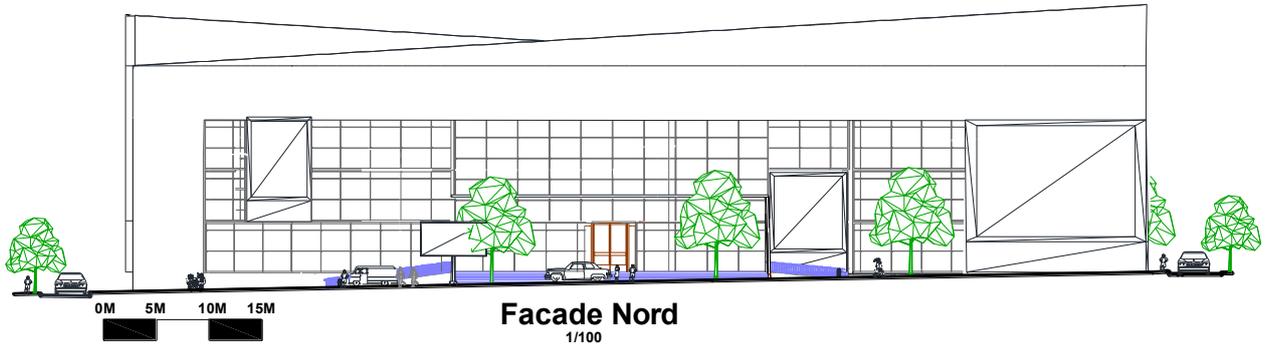
Plan de 1er étage au 1/100eme



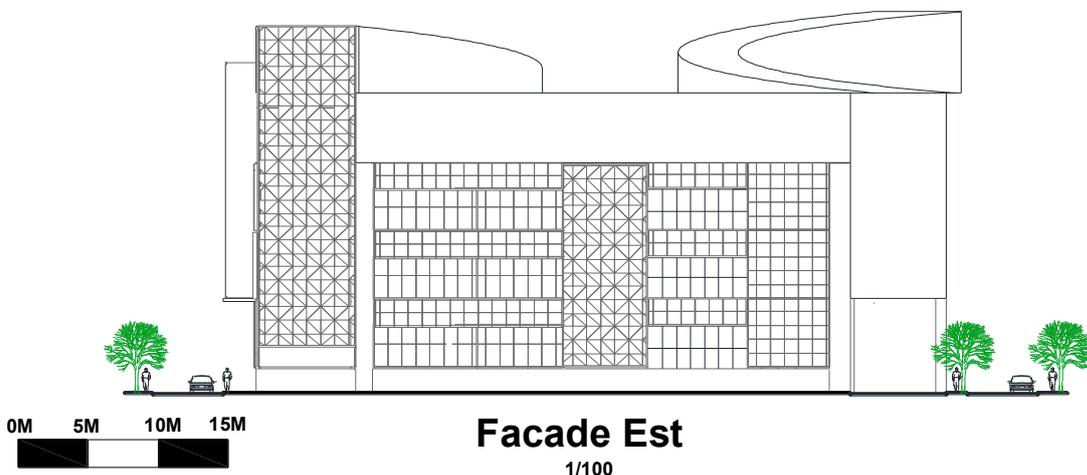
Plan de 2eme étage au 1/100eme



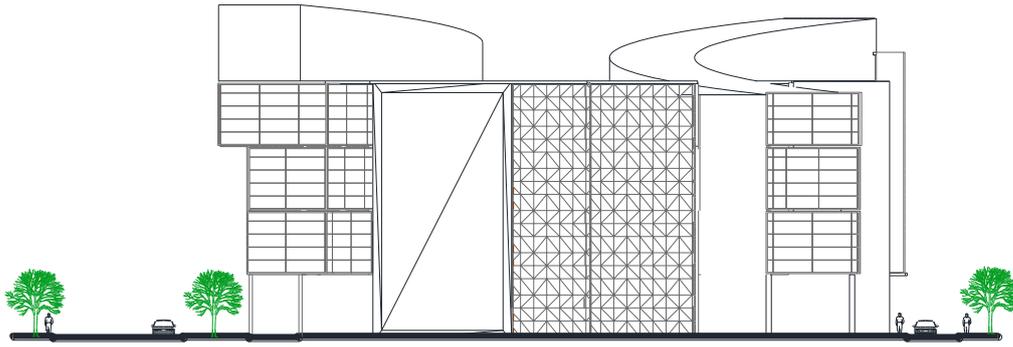
Plan de 3eme étage au 1/100eme



Facade Nord  
1/100



Facade Est  
1/100



0M 5M 10M 15M

**Facade Ouest**

1/100

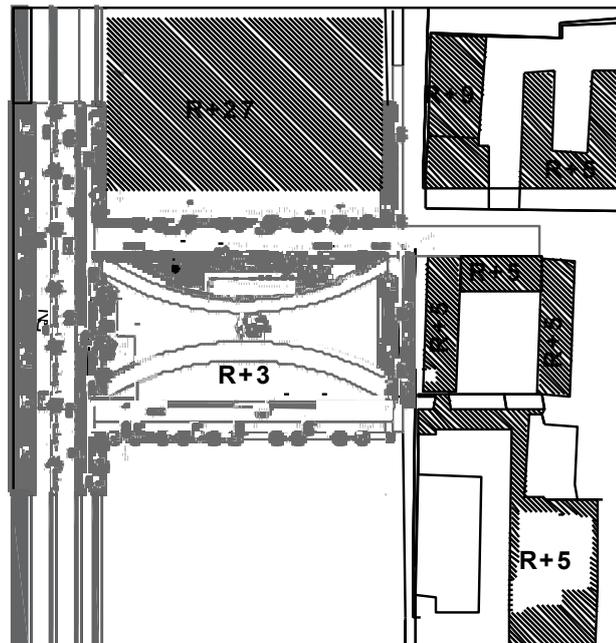


0M 5M 10M 15M

**Facade Sud**

1/100

Plan de masse :



fa

Vue 3D Rendu :









## Liste des figures :

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 organigramme de la méthodologie de travail (source : auteur).....  | 5  |
| Figure 2 un graphe qui démontre la Consommation totale d'énergie finale dans la zone arabe par pays (ktep) de 1990 à 2016 (Source : <a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a> ) ..... | 9  |
| Figure 3 La différence entre refroidissement évaporatif et refroidissement normal (Source : <a href="https://www.thekuuleffect.com">https://www.thekuuleffect.com</a> ).....                                    | 13 |
| Figure 4 bilan de la demande énergétique mixte de refroidissement, de chauffage (Source : Livre Net Zero Energy Building Par shaddy Attia, 2018) .....  | 14 |
| Figure 5 bilan de la demande énergétique mixte de refroidissement, de chauffage (Source : Livre Net Zero Energy Building Par shaddy Attia, 2018) .....  | 19 |
| Figure 6 Shopping mall store front tempered double aluminum curtain wall. source: <a href="https://fr.aluminum-doors.com/">https://fr.aluminum-doors.com/</a> .....   | 22 |
| Figure 7 Construire un doublage en briques Source: <a href="https://bricolage-avec-robot.com/">https://bricolage-avec-robot.com/</a> .....  | 22 |
| Figure 8 Murs porteurs en béton armé. Source: <a href="https://www.batiproduits.com/">https://www.batiproduits.com/</a> .....   | 23 |
| Figure 9 Enveloppe en pierre. Source: <a href="https://www.carrelage-pierre-naturelle.com/">https://www.carrelage-pierre-naturelle.com/</a> .....   | 24 |
| Figure 10 Enveloppe en brique. Source: <a href="https://archello.com/">https://archello.com/</a> .....  | 24 |
| Figure 11 Enveloppe en béton. Source: <a href="https://www.techni-contact.com/">https://www.techni-contact.com/</a> .....   | 24 |
| Figure 12 Enveloppe en bois Source: <a href="https://www.maisonsfranceforet.com/">https://www.maisonsfranceforet.com/</a> .....   | 24 |
| Figure 13 Enveloppe métallique. Source: <a href="https://www.voirvert.ca/">https://www.voirvert.ca/</a> .....   | 24 |
| Figure 14 Enveloppe en textile . source: <a href="https://www.verre-menuiserie.com/">https://www.verre-menuiserie.com/</a> .....  | 24 |
| Figure 15 conductivité thermique source: <a href="https://www.calnesis.com/">https://www.calnesis.com/</a> .....  | 24 |
| Figure 16 Isolation Thermique par l'Intérieur source: <a href="https://particuliers.engie.fr/">https://particuliers.engie.fr/</a> .....   | 26 |
| Figure 17 Isolation Intégrée. Source: <a href="https://mamaisondeaaz.gedimat.fr/">https://mamaisondeaaz.gedimat.fr/</a> .....   | 27 |
| Figure 18 Schéma du principe mur trombe. source: Chabane, F. (2015).....  | 28 |
| Figure 19 façade double peau. Source: <a href="https://www.souchier-boulet.com">https://www.souchier-boulet.com</a> .....   | 29 |
| Figure 20 the Gherkin . source: <a href="https://www.dokfest-muenchen.de/">https://www.dokfest-muenchen.de/</a> .....   | 30 |
| Figure 21 Mur végétal classique. Source: <a href="http://promessedefleurs">http://promessedefleurs</a> .....  | 31 |
| Figure 22 Mur végétal stabilisé . source: <a href="https://www.ligne-jardin.com/">https://www.ligne-jardin.com/</a> .....   | 31 |
| Figure 23 Béton bioréceptif. Source: <a href="https://www.neozone.org">https://www.neozone.org</a> .....  | 32 |
| Figure 24 structures poreuses en céramique. Source: <a href="https://www.neozone.org/">https://www.neozone.org/</a> .....   | 33 |
| Figure 25 Matériau à changement de phase. Source: <a href="https://idelog.fr/">https://idelog.fr/</a> .....   | 33 |
| Figure 26 Norco paraffin wax. Source: <a href="https://rehabshop.com.sg/">https://rehabshop.com.sg/</a> .....   | 34 |
| Figure 27 Panneaux isolants sous vide , source: <a href="https://www.recticelinsulation.com/">https://www.recticelinsulation.com/</a> .....   | 36 |
| Figure 28 L'aérogel. Source : <a href="https://www.presse-citron.net/">https://www.presse-citron.net/</a> .....   | 37 |
| Figure 29 Verre laminé , source: <a href="https://igpglass.ca/">https://igpglass.ca/</a> .....  | 39 |
| Figure 30 vitrage double, source: <a href="https://www.glassfonster.fr/">https://www.glassfonster.fr/</a> .....   | 40 |
| Figure 31 Double vitrage avec gaz argon, source: <a href="https://www.fenetre24.com/">https://www.fenetre24.com/</a> .....  | 40 |
| Figure 32 Le triple vitrage , source: <a href="https://conseils-thermiques.org/">https://conseils-thermiques.org/</a> .....   | 40 |
| Figure 33 Foamglas . source: <a href="https://www.roofland.com/">https://www.roofland.com/</a> .....  | 41 |
| Figure 34 isolation écologique et ultra-performante pour toitures. Source: <a href="https://www.roofland.com/">https://www.roofland.com/</a> .....  | 41 |
| Figure 35 Systèmes de toiture , source: <a href="https://www.sika.com/">https://www.sika.com/</a> .....   | 41 |
| Figure 36 Orientation du bâtiment .....   | 42 |
| Figure 37 Guide de la mobilité internationale . source: <a href="https://ri.univ-pau.fr/">https://ri.univ-pau.fr/</a> .....   | 42 |
| Figure 38 Un schéma qui représente la méthodologie de travail Source: (auteur).....   | 50 |
| Figure 39 carte de situation géographique de la wilaya d'Alger <a href="https://www.airfrance.dz/">https://www.airfrance.dz/</a> .....  | 59 |
| Figure 40 carte des limites administrative de la wilaya d'Alger (Source : Atelier COLIBRI, 2021-2022 ) .....  | 59 |
| Figure 41 carte de cadre physique de la wilaya d'Alger ( Source : Auteur) .....   | 59 |
| Figure 42 topographie de la wilaya d'Alger. (atelier colibri 2021-2022 modifié par l'auteur).....   | 60 |
| Figure 43 schéma d'explication de méthode d'analyse ( source : auteur).....   | 60 |
| Figure 44 Source : Atelier COLIBRI, 2021-2022 .....   | 61 |
| Figure 45 Source : Atelier COLIBRI, 2021-2022 .....   | 61 |

|  |    |
|--|----|
| Figure 46 Source : Atelier COLIBRI, 2021-2022 .....  | 61 |
| Figure 47 Source : Atelier COLIBRI, 2021-2022 .....  | 61 |
| Figure 48 un carte qui démontre la relation entre la voie littorale et le chemin de crête avec la ville d’Hussein dey (source : auteur ) ..... | 61 |
| Figure 49 une carte de la ville d’Alger a l’époque phéniciens ( <a href="http://alger-roi.fr">http://alger-roi.fr</a> ) .....                  | 62 |
| Figure 50 une carte que démontre la relation entre l’axe ancien cardo et la rue de tripoli ( source : auteur) ....                             | 62 |
| Figure 51 carte des remparts et les voies d’alger ( source : à la recherche d’icosium, Marcel le glav) .....                                   | 63 |
| Figure 52 carte des remparts et les voies ( source : à la recherche d’icosium, Marcel le glav) .....   | 63 |
| Figure 53 carte des fahs algérois ( source : auteur) .....   | 63 |
| Figure 54 carte schématique qui représente l’Hussein dey en 1834 ( source auteur) .....  | 63 |
| Figure 55 les jardins de l’Hussein dey (source : <a href="http://alger-roi.fr">http://alger-roi.fr</a> ) .....                                 | 64 |
| Figure 56 usine a blanche et ses fils-vue d’ensemble (source : <a href="http://alger-roi.fr">http://alger-roi.fr</a> ).....                    | 64 |
| Figure 57 carte schématique qui représente l’Hussein dey en 1867 ( source : auteur) .....  | 64 |
| Figure 58 Carte schématique qui représente l’Hussein dey en 1920 ( source : auteur) .....  | 65 |
| Figure 59 une photo de la cite Brossette (source : <a href="http://alger-roi.fr">http://alger-roi.fr</a> ) .....                               | 65 |
| Figure 60 un journal qui date a la période coloniale (source : <a href="http://alger-roi.fr">http://alger-roi.fr</a> ) .....                   | 65 |
| Figure 61 une photo de l’Hussein dey actuellement ( source : auteur) .....   | 66 |
| Figure 62 une photo d’un mosquée situe au Hussein dey ( source auteur) .....   | 66 |
| Figure 63 une carte qui représente la commune d’Hussein dey après l’indépendance. (Source :auteur) .....                                       | 66 |
| Figure 64 une carte que représente les différentes chronologies de tissu urbaine a l’Hussein dey (source: auteur) .....                        | 67 |
| Figure 65 une schéma qui représente le changement de vocation durant les périodes.( source : auteur) .....                                     | 67 |
| Figure 66 une carte qui montre la situation de la commune d’Hussein dey ( source : beta.aino.world— traitée par auteur ) .....                 | 68 |
| Figure 67 une carte qui montre l’accessibilité de la commune de l’Hussein dey ( source : umap— traitée par auteur ).....                       | 68 |
| Figure 68 FIGURE 71 LES LIGNE DE COUPE PAR APPORT AU SITE D'INTERVENTION ( SOURCE F4MAPS TRAITEE PAR AUTEUR) .....                             | 68 |
| Figure 69 UNE COUPE SCHEMATIQUE DEMONTRE LA TOPOGRAPHIE D'HUSSIEN DEY ( SOURCE : AUTEUR).....  | 68 |
| Figure 70 carte représentatif de hiérarchisation des voies (source : carte vierge traitée par auteur ) .....                                   | 69 |
| Figure 71 CARTE REPRESENTATIF DES NOEUDS (SOURCE : CARTE VIERGE TRAITEE PAR AUTEUR) .....  | 69 |
| Figure 72 CARTE REPRESENTATIF DES OFFRE DE Mobilité (SOURCE : CARTE VIERGE TRAITEE PAR AUTEUR ) ....   | 69 |
| Figure 73 CARTE REPRESENTATIF DE flux automobile (SOURCE : CARTE VIERGE TRAITEE PAR AUTEUR ) .....   | 70 |
| Figure 74 CARTE REPRESENTATIF DES DIFFEENRENT GEOMETRIE DE LA VILLE (SOURCE : CARTE VIERGE TRAITEE PAR AUTEUR ) .....                          | 71 |
| Figure 75 carte représentatif des points de repère plus importantes ( source : carte vierge traitée par auteur )                               | 72 |
| Figure 76 carte représentatif des différents type des équipements ( source : carte vierge traite par l'auteur) ..                              | 73 |
| Figure 77 une carte représentatif de l'état de bâti actuelle selon le pos ( source : carte vierge traité par l'auteur) .....                   | 73 |
| Figure 78 UNE CARTE REPRESENTATIF de l'accessibilité solaire ( SOURCE : f4map TRAITEE PAR L'AUTEUR) .....                                      | 74 |
| Figure 79 UNE CARTE REPRESENTATIF DE gabarit ( SOURCE : F4MAP TRAITEE PAR L'AUTEUR) .....  | 74 |
| Figure 80 carte représentatif des différents séquences de l'aire d'étude ( source : Google maps traité par l'auteur).....                      | 75 |
| Figure 81 une carte représentatif de différence de la éclairage urbaine ( source : Google maps traite par l'auteur ) .....                     | 76 |
| Figure 82 UNE CARTE REPRESENTATIF DE DIFFERENCE DE LA sensation de sécurité( SOURCE : GOOGLE MAPS TRAITEE PAR L'AUTEUR ) .....                 | 76 |
| Figure 83 UNE CARTE REPRESENTATIF DE DIFFERENCE DE LA SENSATION de mobilité( SOURCE : GOOGLE MAPS TRAITEE PAR L'AUTEUR ) .....                 | 77 |
| Figure 84 UNE CARTE REPRESENTATIF DE DIFFERENCE De confort sonore SOURCE : GOOGLE MAPS TRAITEE PAR L'AUTEUR ) .....                            | 77 |

|   |     |
|---|-----|
| Figure 85 UNE CARTE REPRESENTATIF de synthèse et les actions urbaine recommandé SOURCE : GOOGLE MAPS TRAITÉ PAR L'AUTEUR ) .....                            | 78  |
| Figure 86 schéma représentatif des étapes de la naissance d'idée de projet ( source : auteur) .....   | 82  |
| Figure 87 schéma représentation de le positionnement et les étapes de conception architectural ( source : auteur) .....                                     | 83  |
| Figure 88 schéma 2D de 1 <sup>er</sup> étape du genèse ( source : auteur ).....   | 84  |
| Figure 89 SCHEMA 3D DE 1 <sup>er</sup> ETAPE DU GENESE ( SOURCE : AUTEUR ).....   | 84  |
| Figure 90 SCHEMA 2D DE 2 <sup>eme</sup> ETAPE DU GENESE ( SOURCE : AUTEUR ) .....   | 85  |
| Figure 91 SCHEMA 3D DE 2 <sup>eme</sup> ETAPE DU GENESE ( SOURCE : AUTEUR ) .....   | 85  |
| Figure 92 SCHEMA 2D DE 3 <sup>eme</sup> ETAPE DU GENESE ( SOURCE : AUTEUR ) .....   | 86  |
| Figure 93 SCHEMA 3D DE 3 <sup>eme</sup> ETAPE DU GENESE ( SOURCE : AUTEUR ) .....   | 86  |
| Figure 94 schéma représentatif de trame structurelle (source : auteur) .....  | 88  |
| Figure 95 illustration poutre en acier de profil (source : <a href="https://www.laminedefers.fr">https://www.laminedefers.fr</a> ) .....                    | 88  |
| Figure 96 poteau en acier source : ( <a href="https://metaletech.com">https://metaletech.com</a> ) .....  | 88  |
| Figure 97 système constructive source : (LGS <a href="https://lgs-montagne-kuce.com">https://lgs-montagne-kuce.com</a> ) .....                              | 88  |
| Figure 98 graphe de comparaison de consommation énergétique de refroidissement annuel par m <sup>2</sup> ( source : auteur ).....                           | 90  |
| Figure 99 schéma de le système BIPV/T (SOURCE: Baseem A. Aljashaami, 2025).....   | 92  |
| Figure 100 graphe des résultats d'analyse de sensibilité pour refroidissement ( source : auteur ) .....   | 93  |
| Figure 101 brique cellulaire Le Figaro avec AFP. Source: <a href="https://www.carmeuse.com">https://www.carmeuse.com</a> .....                              | 102 |
| Figure 102 la mousse polyuréthane source : <a href="https://www.lisolation.fr">https://www.lisolation.fr</a> .....  | 102 |
| Figure 103 Lampe fluorescente linéaire LED T5 150 cm 22 W neutre 4000 K. source : <a href="https://www.leroymerlin.fr">https://www.leroymerlin.fr</a> ..... | 103 |
| Figure 104 Qofipro. (n.d.). Lampe fluo compacte RALUX Spin Efficient. Source: <a href="https://www.qofipro.fr">https://www.qofipro.fr</a> .....             | 103 |
| Figure 105 Figure 13 : système d'air extérieur à la demande (DOAS) source: <a href="https://www.interplanllc.com">https://www.interplanllc.com</a> ..       | 104 |
| Figure 106 Figure 14 : DCV System technology.....   | 104 |

## Liste des tableaux

|  |     |
|--|-----|
| Tableau 1 Seuils suggérés de performance pour les NZEB dans certains pays (Source : Livre Net Zero Energy Building Par shaddy Attia, 2018) .....                                   | 17  |
| Tableau 2 Propriétés et performances thermiques des matériaux. Source: <a href="https://myreader.toile-libre.org/">https://myreader.toile-libre.org/...</a>                        | 25  |
| Tableau 3 MATERIAUX EUTECTIQUES SOURCE: PETRONAFT. (2024). .....   | 35  |
| Tableau 4 CARACTERISTIQUE DES DIFFERENTES TYPES DE VITRAGE. SOURCE: <a href="HTTPS://WWW.CONSTRUCTOR.NET.AU/">HTTPS://WWW.CONSTRUCTOR.NET.AU/</a> .....                            | 39  |
| Tableau 5 Différentes types de toiture. Source: auteur .....   | 41  |
| Tableau 6 Matériaux et technologies innovantes pour les toitures ( source : auteur) .....  | 41  |
| Tableau 7 comparaison entre les différentes orientations ( source : auteur) .....  | 43  |
| Tableau 8 fiche technique des projets analyse ( source : auteur) .....   | 51  |
| Tableau 9 tableau de synthèse d'analyse des exemples.....  | 56  |
| Tableau 10 les paramètres d'entrées des simulations. Source : Auteur .....   | 89  |
| Tableau 11 tableau des paramètre thermique des matériaux des paroi choisie ( source : auteur ) .....   | 89  |
| Tableau 12 TABLEAU DES PARAMETRE THERMIQUE DES MATERIAUX DES PAROI CHOISIE ( SOURCE : AUTEUR ) .....   | 89  |
| Tableau 13 tableau des résultat des 3 meilleur itération ( source : auteur ).....  | 91  |
| Tableau 14 tableau des itération favorable dans le cas d'étude .....   | 91  |
| Tableau 15 fiche technique de projet analyse concernant les NZEB (source : auteur).....  | 101 |
| Tableau 16 bilan de la consommation et la production d'énergie renouvelable en 2011 par KWH (source: <a href="https://www.hpbmagazine.org">https://www.hpbmagazine.org</a> ) ..... | 105 |
| Tableau 17 Tableau des isolant rechercher selon la catégorie ( source : auteur) .....  | 106 |
| Tableau 18 tableau des expériences et résultat de l'amélioration de comportement thermique ( source : auteur) .....  | 108 |
| Tableau 19 tableau de programme fonctionnelle de projets .....   | 112 |

# Bibliographie

## Ouvrage :

- Adalberth, K., & Björk, B. (2004). *Bioclimatic architecture: Energy-efficient building in the tropics*. Swinburne University of Technology.
- R. Hood, *Global Warming, A Companion to Applied Ethics* (2007) 674–684.
- Net Zero Energy Building, Shady Attia, 2018.
- Blais, J.-P. (Ed.). (2009). *L'attractivité des territoires : Regards croisés*
- Boukhatem, L., & Berrahal, F. (2019). *Revitalisation des quartiers historiques d'Alger : enjeux identitaires et modernité*. *Revue des Études Urbaines*, 15(3), 45-60.
- Olgyay, V. (2015). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton University Press.
- Djamila, H., Chu, C. M., & Kumaresan, S. (2013). *Effect of Thermal Comfort Factors on Occupants' Satisfaction in Office Buildings*. *Energy and Buildings*, 66, 78-85.
- European Commission. (2020). *Nearly Zero-Energy Buildings: Strategies for Climate Adaptation in the Mediterranean Region*.

## Articles, Revues et Divers Publications :

- H. Yassaghi, S. Hoque. *An overview of climate change and building energy: Performance, responses and uncertainties*
- J. Wei et al. (2023). *Hot Topics and Trends in Zero-Energy Building Research — A Bibliometrical Analysis Based on CiteSpace*
- Y.W. Al-Saeed, A. Ahmed. *Evaluating design strategies for nearly zero energy buildings in the Middle East and North Africa regions*, *Design*, 2018, Vol. 2, Page 35.
- M.P. Tootkaboni et al. (2021). *A Comparative Analysis of Different Future Weather Data for Building Energy Performance Simulation*, *Climate*, 9 (37)
- M. Herrera et al. (2017). *A review of current and future weather data for building simulation*, *Build. Serv. Eng. Res. Technol.*
- S.E. Belcher et al. (2005). *Constructing design weather data for future climates*, *Build. Serv. Eng. Res. Technol.*
- Lachheb, M. et al. (2024). *Enhancing building energy efficiency and thermal performance with PCM-Integrated brick walls*, *Building and Environment*, 256
- Chatelot, P. (2024). *Matériaux isolants innovants : aérogel et isolants minces*, *Construction Durable*
- Hamaina, R., Leduc, T., & Moreau, G. (2012). *Caractérisation des tissus urbains à partir de l'analyse structurelle des réseaux viaires*. *Cybergeo: European Journal of Geography*

- Berahman, S. (2013). *Effective factors in shaping the identity of architecture*. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 15(1), 106-113.
- Friel. (2023). *How leisure can be a regeneration masterstroke for communities*. *Construction Anglia*
- Marie-Pia Curial (2023). *Le Photovoltaïque et l'Efficacité Énergétique : vers des Bâtiments Nets Zéro-Énergie*.
- Rothschild Osorio, U. (2023). *Isolation thermique : définition et types*. *ProjetÉcolo*
- Guillard, E. (2022). *Bâtiments NZEB : comment contribuent-ils au développement durable*. *Dexma*
- European Solar Shading Organization. (2018). *La protection solaire pour des bâtiments durables et à basse consommation (2nd ed.)*. Groupement Actibaie

#### Sites Web:

- Acciona Energía. (2023). *Efficacité énergétique : définition, enjeux, champs d'application*
- Workero. (2023). *Efficacité énergétique dans les bâtiments – Un guide complet*
- Architecture 2030. *Pourquoi l'environnement bâti ?*
- Manni Group. (n.d.). *Tutto sul mondo delle costruzioni a secco*
- Gedimat. (n.d.). *L'isolation intégrée en construction neuve (ITR)*
- Souza, E. (2024). *How do double-skin façades work?* ArchDaily.com
- Acca Software. (n.d.). *Double peau : Qu'est-ce que les façades à double peau ?*
- Umvie. (n.d.). *Découvrez tout sur le mur végétal*
- Ligne Jardin. (n.d.). *Les différentes techniques de végétalisation des murs*
- Neogarden Murs Végétaux. (n.d.). *Installer un mur végétal*
- Petronaft Co. (n.d.). *Phase change material (PCM)*
- Thermtest. (2024). *Phase change material (PCM)*
- CES de France. (2025). *Panneau isolant sous vide*
- M-Habitat. (n.d.). *Isolation avec aérogel*
- Roofland. (n.d.). *Isolation toiture Bauder Eco*
- Nature Impact. (n.d.). *Toiture végétalisée* <https://natureimpact.com/fr/toiture-vegetalisee/>
- Université de Pau. (n.d.). *Guide de mobilité internationale des enseignants-chercheurs*
- Banu, H. (2023). *Importance of building orientation in architecture*, The Archspace
- Animyjob. (2024). *Centre de loisirs : tout sur les activités...*
- Spacey, J. (2024). *90 examples of leisure*, Simplicable
- Office québécois de la langue française. (2019). *Enveloppe du bâtiment*, Vitrine linguistique
- Arc en rêve. (n.d.). *Le credo de l'architecte-greffeur*
- Guiderenovation.fr. (n.d.). *Qu'est-ce que la revitalisation...*

**Thèses et mémoires :**

- Lemchouchi, C. (n.d.). *La performance énergétique de l'enveloppe architecturale*, Université de Biskra, 2019
- M.M. NourEl-din. (2013). *Proposed climate change adaptation strategy for the Ministry of Water Resources and Irrigation in Egypt*
- Mazlouman, M., & Gautel, J. (2007). *Travail personnel de fin d'études en architecture*
- Abauzit-Gossez, M. (2012). *Attractivité et projets urbains clés : standardisation ou territorialisation des espaces urbains ?* [Master's thesis, Université de Montpellier]
- Mona Saleh El-Basha. (2021). *Urban interventions in historico districts as an approach to upgrade the local communities*